

Diplomamunka

Zabán Tamás

Debrecen
2009

Debreceni Egyetem Informatikai Kar

Hálózati infrastruktúra, elemzési és fejlesztési problémák

Témavezető:
Dr Almási Béla
Egyetemi Docens

Készítette:
Zabán Tamás

Debrecen
2009

Tartalomjegyzék:

Bevezetés	1
1. A Packet Tracer 5.1 részletesebb ismertetése	5
1.1. Menük és eszköztárak	5
1.2. Hálózati eszközök, egyedi eszközök létrehozása	6
1.3. Eszközök összekötése	7
1.4. Eszközök konfigurációja	9
2. Forgalomirányító protokollok hálózati problémái	10
2.1. A RIP (Routing Information Protocol)	10
2.1.1. A RIP nem támogatja a nem folytonos hálózatokat	10
2.1.2. A RIP terheléselosztása	12
2.1.3. A nagyméretű forgalomirányítási táblák problémája	15
2.2. OSPF (Open Shortest Path First)	16
2.2.1. A virtual-link lehetőségei OSPF hálózatokban	17
2.3. EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)	21
2.3.1. Az EIGRP útösszevonási problémái	22
2.3.1.1. A router nem hirdeti az aggregált címet	23
2.3.1.2. Túl sok összevonás	25
2.3.2. Terheléselosztás EIGRP használata esetén	25
2.3.2.1. A variance parancs	26
2.3.2.2. A metrikák változtatása és az offset-list parancs	28
2.4. Különböző forgalomirányítási protokollok együttes használata	31
3. Kapcsolt hálózatok: Egy virtuális LAN-ra jellemző probléma bemutatása	36
Összefoglalás	42
Irodalomjegyzék	43
Köszönetnyilvánítás	44
Függelék	45

Bevezető

A számítógépes hálózatok több évtizedes fejlődése során egy egész iparág alakult ki a hardverigények kielégítésére, és szakemberek tömegét képezik az egyetemeken, illetve tanfolyamokon, hogy üzemeltessék a mára már világméretűvé vált infrastruktúrát. A piacvezető cégek gyártóspecifikus oktatóanyagokat állítanak össze, és saját vizsgarendszereket dolgoznak ki. A Cisco, a világ egyik vezető hálózati-eszköz gyártó cége is kidolgozott egy többlépcsős tanfolyamot, melynek első szintje a CCNA (Cisco Certified Network Associate) képzés. A tananyag hatékonyabb elsajátítása, és a gyakorlati képzés kiegészítése érdekében fejlesztették ki a Packet Tracer nevű programot, melynek legújabb, 5.1-es változata 2008-ban jelent meg.

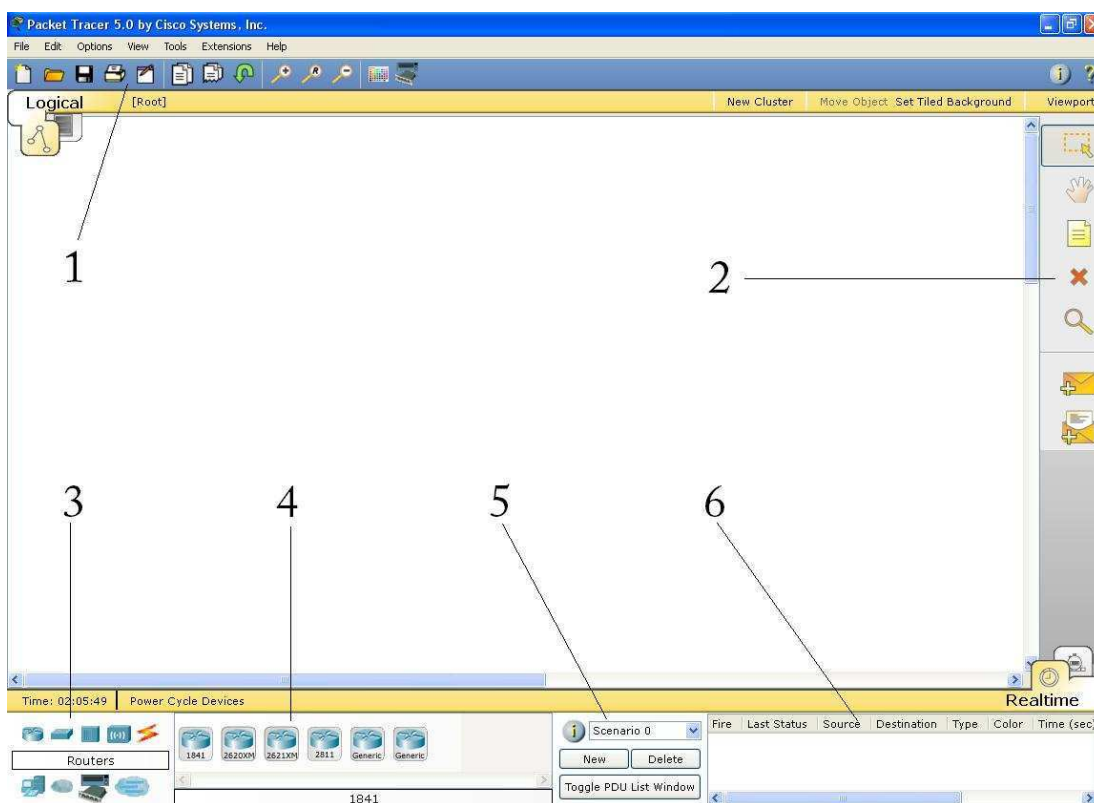
A program mind a diákok, mind a tanárok részére számos hasznos funkciót tartalmaz. A Packet Tracer kétféle munkaterülete a hálózatok logikai és fizikai tervezését is lehetővé teszi. Tervezéshez hálózati eszközök széles skálája áll rendelkezésre: routerek, switch-ek, vezeték nélküli eszközök, hub-ok, végberendezések (pl.: PC, szerver, nyomtató). Ezen hardverelemek nem csak ikon szinten jelennek meg a programban, hanem a valós kinézetük is megjeleníthető, így a moduláris felépítésük is megfigyelhető (pl.: routerek esetében ethernet modulok). Az eszközök programozását is elvégezhetjük: statikus és dinamikus forgalomirányítás használatára egyaránt van lehetőség (támogatott protokollok többek között: RIP, EIGRP, multi-area OSPF), az 5.1-es verzióban pedig már az IPv6 is megtalálható. A konfigurálás történhet párbeszédablakok segítségével, de a Cisco eszközök operációs rendszerének (IOS – Internetwork Operating System) parancssoros interfészét (CLI – Command Line Interface) is használhatjuk erre a célra. A működő hálózat kétféle módon jeleníthető meg: valós idejű módban, illetve szimulációs módban. Utóbbiban lehetőség van a működés részleteinek vizsgálatára, a csomagok terjedésének nyomon követésére. Ez a mód lehetőséget ad a hálózati hibadetektálás, hibajavítás gyakorlására is. Ezek a lehetőségek a laborgyakorlatok hatékony kiegészítőjévé teszik a programot, de akár egy hálózattervezési feladat esetén is nyugodtan igénybe vehetjük.

Mivel a program elsődlegesen oktatási célokra lett kifejlesztve, a tanárookra is gondoltak. Az Activity Wizard segítségével különböző gyakorlatokat lehet kidolgozni, melyek teljesítése után a diákok az előre beállított szempontok szerint visszajelzést kapnak. Az új verzió lehetővé teszi, hogy több felhasználó egyszerre használja a programot (hálózaton keresztül), így a csoportos tanulás, a csapatmunka fejlesztése is megvalósítható.

A program hátránya, hogy nem mindenki számára szabadon hozzáférhető. A teljes verziót csak a Cisco tanfolyamra beiratkozott hallgatók tölthetik le (ingyen) a képzés honlapjáról (<http://www.cisco.com/web/learning/netacad/index.html>). További hátrány, hogy csak Cisco eszközök használatára van mód.

A felhasználói felület

A program, telepítés után a PacketTracer5.exe állománnyal indítható el. Alapértelmezett beállításként a logikai tervezés munkaterülete jelenik meg, valós idejű működési módban.



1. ábra - Packet Tracer 5.1

A program munkaterületein kívüli részei (az 1. ábra jelölései alapján):

- 1 – Felső eszköztár. Ikonok: Új munkalap, Megnyitás, Mentés, Nyomtatás, Activity Wizard, Másolás, Beillesztés, Vissza, Nagyítás, Eredeti méret, Kicsinyítés, Színpaletta, Egyedi eszközök, Információ a hálózatról, Help
- 2 – Oldalsó eszköztár. Ikonok: Kijelölés, Munkalap mozgatása, Jegyzet, Törlés, Vizsgáló eszköz, Egyszerű PDU indítása, Összetett PDU indítása
- 3 – Alsó eszköztár. Ikonok: Router, Switch, Hub, Vezeték nélküli eszközök, Kapcsolatok, Végberendezések, Wan emuláció, Egyedi eszközök, Többfelhasználós kapcsolat

4 – A kiválasztott eszköz típusának meghatározása (pl. hat féle routerből választhatunk)

5 – 6 – A felhasználó által létrehozott PDU-k kezelése

Egy egyszerű példa

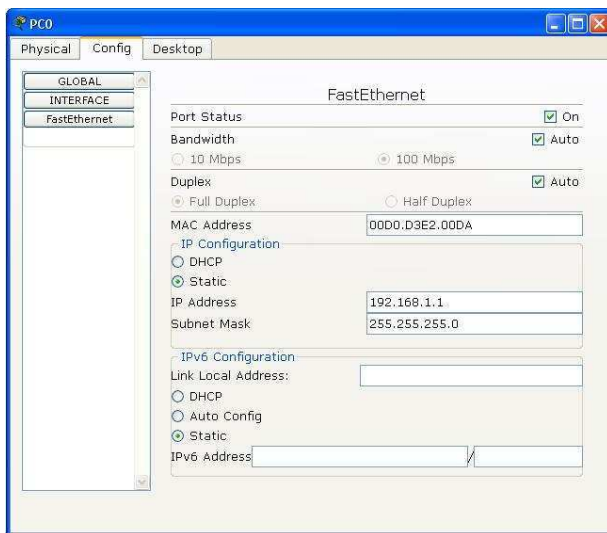
A legegyszerűbb számítógépes hálózat mindössze két gépből áll, melyeket jelen esetben hálózati kártyán keresztül, keresztkötésű kábelvel csatlakoztatunk egymáshoz. Két PC ilyen módon történő összekötését néhány lépés segítségével meg lehet valósítani.

Első lépésként a képernyő alján az Eszközök közül ki kell választani a végberendezéseket (End



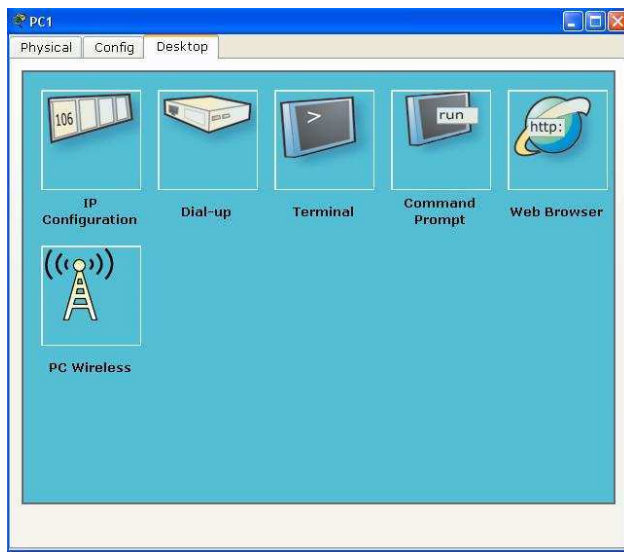
2. ábra - Eszköz kiválasztása

Devices), majd ezek közül a számítógépet. A munkaterületen így létrehozhatunk két számítógépet, mint hálózati csomópontok. Ezt követően az eszközök közül a Kapcsolatok ikont válasszuk ki. A megjelenő lehetséges kapcsolat típusok közül az első ikon automatikus kapcsolatválasztást ajánl. Ezt választva a program az összekötni kívánt eszközök típusa alapján dönt a helyes kapcsolatról. Ha sikerült összekötni a gépeket, akkor már csak az IP címek beállítása van hátra. Ehhez kattintsunk az első gépre, és a megjelenő ablak Config fülén



3. ábra - PC - Config fül

válasszuk a FastEthernet opciót (3. ábra). Az IP konfigurációs résznél állítsuk be, hogy statikus IP címet kívánunk adni a gépnek, ami az első gép esetében 192.168.1.1, a második gép esetében pedig 192.168.1.2 legyen. Az alhálózati maszk megadásánál, a mezőbe kattintva a program a megadott IP cím alapján automatikusan meghatározza az alapértelmezett hálózati maszkot. Ha ettől el akarunk térni, természetesen átírható az érték.



4.ábra

parancsot ellenőrizhető a kapcsolat működése.

Miután mindkét gép IP címét beállítottuk, a köztük levő kapcsolatot működését ellenőrizhetjük. Kattintsunk valamelyik számítógépre, és a megjelenő ablakban válasszuk a Desktop fület (4. ábra). Amint látható, az IP konfigurációt itt es elvégezhetjük volna, most viszont válasszuk a Command Prompt-ot, ami egy újabb ablakban a számítógép parancssoros felületét jeleníti meg. Itt (attól függően, hogy melyik gépre kattintottunk) kiadva pl. a ping 192.168.1.2, vagy a 192.168.1.1

A program segítségével különböző helyzetek elemzését lehet elvégezni. A kis hálózatok egyik elterjedt protokollja a RIP, melynek néhány jellemző hibájára láthatunk majd példát. Megvizsgáljuk a terheléselosztás lehetőségeit, és az esetleg felmerülő problémákat RIP és EIGRP protokollok esetén, továbbá forgalomirányítási táblák méretének lecsökkentésének módjait is elemezzük. Az OSPF-et használó hálózatokban megvizsgáljuk, hogy mikor elengedhetetlen a virtual-link használata, és hogy ezeken az eseteken felül milyen praktikus alkalmazásai lehetnek még. Egy többprotokollos hálózati környezet forgalomirányítási problémái után végezetül egy kapcsolt hálózati probléma kerül tárgyalásra.

1. A Packet Tracer 5.1 részletesebb ismertetése

A programot a bevezetőben már említett címről lehet letölteni két verzióban: az első lehetőség, hogy csak magát a programot kívánjuk letölteni (PacketTracer51_setup_no_tutorials.exe), de rendelkezésre áll egy olyan változat is, mely a program használatát megismertető modult is tartalmaz (PacketTracer51_setup.exe). Letöltés után az általunk kiválasztott mappába telepíthető a program, mely elindítása után az első ábrán bemutatott munkafelület jelenik meg.

1.1 Menük és eszköztárak

- File – Itt van lehetőség új feladatot kezdeni, már meglévő állományt megnyitni, illetve a munkánkat elmenteni (New, Save, Save as...). A nyomtatás is ebből a menüből érhető el, a Recent files... menüpont pedig a legutóbb megnyitott állományok gyorsabb elérését szolgálja.
- Edit – Másolásra, beillesztésre, illetve egy parancs visszavonására van lehetőség.
- Options – A Preferences menüben a program általános beállításait változtathatjuk meg. A menü négy fülén (Interface, Administrative, Hide, Font) többek között a hangok, címkék, naplózás, nyelv, elrejtés, jelszó, betűtípus beállításai végezhetők el. A User Profile menüpont alatt a felhasználóra vonatkozó információk adhatók meg (név, e-mail cím, megjegyzés).
- View – A megjelenítés nagyságát (Zoom) állíthatjuk be, illetve a Toolbars... menüpont alatt megadható hogy a grafikus felületen mely eszköztárak jelenjenek meg (fő-, jobboldali-, illetve alsó eszköztár).
- Tools – Itt található a rajzpaletta (egyenes, négyszög és ellipszis rajzolható a kiválasztott színnel, kitöltésre is van lehetőség), valamint az egyedi eszközök létrehozásának párbeszédpanelje is innen érhető el.
- Extensions – Többek között itt indítható el a különböző gyakorló feladatok létrehozására alkalmas Activity Wizard, és a többfelhasználós üzemmód beállításait is itt végezhetjük el.
- Help –A súgó tartalomjegyzékén és a program névjegyén kívül innen indítható a program működését példákon keresztül bemutató oktatóanyag.

A felső eszköztárban a menü néhány eleme érhető el közvetlenül, de itt található a Network Information ikon is, mellyel rövid, szöveges ismertetőt adhatunk meg a hálózatról.



Az oldalsó eszköztár első ikonjával a munkaterületen található eszközöket jelölhetjük ki, melyek ekkor egyszerre mozgathatók. A második, kezét ábrázoló ikon a munkaterület mozgatására használható, melyre nagy kiterjedésű hálózatok esetén lehet szükség. A harmadik ikon szöveges jegyzet elhelyezését teszi lehetővé a munkaterületre. A negyedik ikonnal lehet törölni. Ennek két módja van: ha ki van jelölve egy vagy több hálózati elem, és úgy kattintunk az ikonra, akkor a kijelölt elemeket törölhetjük, vagy ha nincs kijelölve semmi, akkor azt az elemet törölhetjük, melyet az ikonra kattintás után kiválasztunk. A vizsgáló eszköz (ötödik ikon) segítségével gyors információt kaphatunk a kiválasztott hálózati eszközről. Router esetén a forgalomirányítási, az ARP és a NAT tábla, kapcsoló esetén a MAC és az ARP tábla, munkaállomás esetén pedig az ARP tábla érhető el. Az utolsó előtti boríték ikonnal egyszerű PDU indítható, amelynél egérrel választhatjuk ki a kiindulási eszközt, illetve a célt. Az utolsó ikonnal

összetett PDU-t indíthatunk. Miután kiválasztottuk a forrást, megjelenik egy párbeszédpanel, melyben többek között megadható a kimenő port, az alkalmazás (pl. ping), a célcím, illetve a PDU sorszáma.

1.2 Hálózati eszközök, egyedi eszközök létrehozása

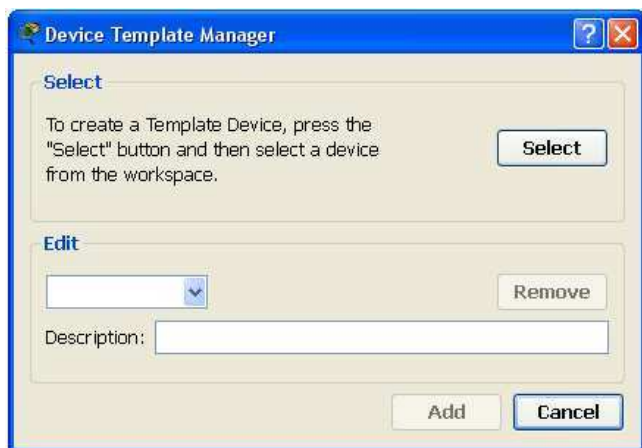
A használni kívánt hálózati eszközök típusát az alsó eszköztárból választhatjuk ki (az 1. ábrán 3-assal jelölt területről). A legtöbb eszköz csak néhány alapporrtal rendelkezik (pl. Fast Ethernet portok), és különböző modulokkal szerelhetjük fel őket. A legfőbb különbség az eszközök között, hogy hány darab, és mekkora bővítőkártya helyezhető el bennük. Ezeket a bővítőkártyákat csak akkor tudjuk elhelyezni pl. egy routerben, ha azt kikapcsoljuk.

Ha nagyon sok, azonos hardverfelépítésű eszközt szeretnénk használni akkor célszerű egyedi eszközöket létrehozni (Custom Devices). A későbbiekben látható hálózati példákban számos olyan 1841-es router található, melyekben egy WIC-2T bővítőkártya van (ez 2 darab szinkron/aszinkron soros portot tartalmaz). Lássuk, hogy lehet létrehozni egy ilyen egyedi routert.

Első lépésként ki kell választanunk az alsó eszköztárból a router ikont, majd a 1841-es routert el kell helyezni a munkaterületen. Kikapcsolás után beilleszthető a kívánt kártya, majd ismét

be kell kapcsolni a routert, különben nem lehet majd konfigurálni (ha erről elfelejtkezünk, a program hibaüzenetet küld). Ezt követően zárjuk be a router fizikai nézetét mutató ablakot, és kattintsunk a felső eszköztárban található Custom Devices Dialog ikonra, ami a 6. ábrán látható párbeszédpanelt jeleníti meg.

A párbeszédpanelen kattintsunk a select gombra, majd a munkaterületen válasszuk ki a már létrehozott 1841-es routert. Az Edit rész legördülő menüjében megjelenik a router neve (pl.



6. ábra

Router0), amit átírhatunk, hogy utaljon az eszköz típusára és felszereltségére (pl. 1841 WIC-2T). E mellett a description szövegmezőben is adhatunk leírást az eszközről. Az ADD gombbal létrehozhatjuk az egyedi eszközt, mely ezek után az alsó eszköztár Custom Made Devices ikonjára kattintva kiválasztható lesz, a már beépített modullal.

1.3 Eszközök összekötése

A hálózati eszközök összekötéséhez először az alsó eszköztár Connections ikonját kell kiválasztanunk, így megjelenik a 7. ábrán látható ikonsor, mely a lehetséges kapcsolatokat ábrázolja.



7. ábra

Az ikonok sorrendben a következő kapcsolattípusokat jelentik:

1. A kapcsolat típusának automatikus kiválasztása. A program az összekötni kívánt eszközöknek megfelelő kapcsolatot hozza létre. Ha több, a kapcsolathoz megfelelő port is rendelkezésre áll az eszközön, akkor mindig az első szabad portot választja a program.
2. Konzol kapcsolat. Ilyen típusú kapcsolatot egy munkaállomás és egy router vagy switch között hozhatunk létre. A kapcsolat létrehozásakor néhány feltételnek teljesülnie kell ahhoz, hogy a munkaállomás megfelelően működjön: a kapcsolat

sebességének mindkét oldalon azonos értéket kell beállítani, az adatbitek értéke 7 vagy 8 lehet, a paritásbitek értékének meg kell egyeznie, a stop bit értéke pedig 1 vagy 2 lehet. Az adatfolyam vezérlés tetszőleges a kapcsolat mindkét oldalán.

3. Egyenes kötésű kábel. Szabványos Ethernet összekötő kábel olyan esetekben, amikor az eszközök különböző OSI rétegben működnek (pl.: hub – router, switch – munkaállomás). Az összeköttetés a következő típusú portok esetén alkalmazható: 10Mbps (Ethernet), 100Mbps (Fast Ethernet) és 1000 Mbps (Gigabit Ethernet) portok.
4. Keresztkötésű kábel. Az azonos OSI rétegben működő eszközök összeköttetésére szolgál (pl.: PC - PC). Ugyan olyan port típusok esetén alkalmazható, mint az egyenes kötésű kábel.
5. Optikai kábel. Optikai portok összeköttetése lehetséges a használatával, 100 vagy 1000 Mbps sebességgel.
6. Telefon kábel. Csak modem porttal rendelkező eszközök esetén alkalmazható.
7. Koaxiális kábel.
8. – 9. Soros kapcsolat. Általában WAN linkek esetén használjuk, a soros portok összeköttetéséhez alkalmazható. A link működéséhez az órajelet be kell állítani a kapcsolat DCE oldalán. A 8. ikont választva az első eszköz lesz a DCE, a második pedig automatikusan a DTE. A 9. ikont választva az első készülék lesz a DTE, míg a második automatikusan a DCE.

Két eszköz összeköttetésénél (ha nem az automatikus kapcsolatválasztást alkalmazzuk), akkor a kapcsolattípus kiválasztása után az első összekötendő eszközre kattintva megjelenik az eszköz szabad portjainak listája, melyek közül egy, a kapcsolat típusának megfelelőt kell kiválasztani (ellenkező esetben hibaüzenetet kapunk). Ugyan így kell eljárni a kapcsolat végpontját képező eszköz esetén is.

Ha egy link fölé állunk a kurzorral, akkor annak két végén egy szövegmezőben megjelenik, hogy link az eszközök melyik portjait köti össze.

A kapcsolat törléséhez az oldalsó eszköztár Delete ikonját kell kiválasztanunk, majd a megjelenő X alakú kurzorral a törölni kívánt linkre kell kattintani.

1.4 Eszközök konfigurációja

A különböző hálózati eszközök konfigurálására több lehetőség is adódik a programban. A hálózati példák túlnyomó többségében forgalomirányítók szerepelnek, így ezek részletes beállítási lehetőségeit vizsgáljuk meg.

Miután a munkaterületen elhelyeztünk egy forgalomirányítót, rákattintva egy párbeszédpanel jelenik meg, ami az eszközt ábrázolja (Physical fül). Válasszuk ki a Config fület, amelynek bal oldali listáján jól látható a négy, nagybetűs gombbal jelzett konfigurálási kategória:

1. **GLOBAL:** Megadható az eszköz megjelenési neve, illetve beállítható a parancssorban látható név is (ez a beállítás megfelel a `hostname` parancs kiadásának). Törölhetjük az NVRAM-ot, illetve elmenthetjük az aktuálisan futó konfigurációt (megfelel a `copy run start` parancsnak). Ezen kívül külső állományból betölthető, illetve abba el is menthető a kezdeti konfiguráció. Az aktuálisan futó konfiguráció kiegészíthető egy elmentett konfigurációs állomány információival, illetve külső állományba menthető.
2. **ROUTING:** Lehetőség van statikus utak felvételére a hálózati cím, a maszk és a következő ugrás IP címének megadásával. A felvett utak egy listába kerülnek, melyek közül, ha kiválasztunk egyet, a Remove gombbal eltávolíthatunk. A RIP konfigurálását is elvégezhetjük, a hirdetni kívánt hálózati címek felvételével. A párbeszédpanelen alapértelmezés szerint a protokoll egyes verziója konfigurálható, a kettes verzióra csak parancssoros módban válthatunk.
3. **SWITCHING:** a VLAN-ok konfigurációja végezhető el (csak a 1841 és a 2811 típusú routereken). A VLAN adatbázisba a virtuális hálózat nevének és számának megadásával vehetünk fel újabb bejegyzést. Törölni a listában szereplő VLAN kiválasztása után itt is a Remove gombbal lehet.
4. **INTERFACE:** A forgalomirányító interfészei konfigurálhatók. Ethernet port esetén ki/bekapcsolhatjuk az interfészt, beállítható a sávszélesség (auto, 10 Mbps, 100Mbps), és beállítható hogy duplex legyen-e az interfész. A párbeszédpanelen feltüntetik a MAC címet is, ami megváltoztatható, illetve beállítható az interfész IP címe, és hálózati maszkja.

A legtöbb beállítás esetén egy alsó ablakban láthatók a beállításoknak megfelelő IOS parancsok is.

2. Forgalomirányító protokollok hálózati problémái

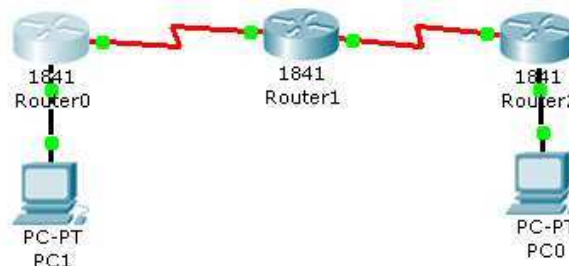
A számítógépes hálózatok forgalomirányítási feladatait a routerek látják el, melyek az irányított protokollok által szállított információ megfelelő továbbítása érdekében forgalomirányítási táblákat építenek fel, ezekben tárolják a hálózati információkat. A forgalomirányítási táblák felépítéséhez a routerek közti információcserére van szükség, amit dinamikus routing esetén a forgalomirányító protokollok tesznek lehetővé.

2.1 A RIP (Routing Information Protocol)

A RIP első verzióját (RFC 1058) közepes méretű hálózatok forgalomirányítási protokolljaként dolgozták ki. Távolságvektor alapú működés jellemzi, és csak az osztályos IP címezést támogatja. A protokoll metrikája az ugrásszám, mely azt fejezi ki, hogy hány routeren keresztül érhető el egy adott hálózat. Ennek maximális értéke 15, az elérhetetlen hálózatokat jelölésére a 16-os metrikát használják.

2.1.1 A RIP nem támogatja a nem folytonos hálózatokat

Nem folytonos hálózatokról beszélünk abban az esetben, ha egy osztályos hálózatot kettéoszt egy másik hálózat. Jelen esetben a 130.1.0.0/16 címmel rendelkező hálózat két alhálózata (130.1.1.0/24, 130.1.2.0/24) közé ékelődik be a 200.200.200.0/24 hálózat.



9. ábra

A példában szereplő hálózatok:

R0 – PC1: 130.1.1.0/24

R0 – R1: 200.200.200.0 / 24

R1 – R2: 130.1.2.0/24

R2 – PC0: 193.0.0.0/24

Mivel a RIPv1 csak az osztályos IP címzést támogatja, az R1 és R2 közötti hálózat nem lesz elérhető a PC1-ről. Ezt ellenőrizhetjük egy ping paranccsal:

```
Router#ping 130.1.2.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 130.1.2.1, timeout is 2 seconds:
.....
Success rate is 0 percent (0/5)
```

Látható, hogy a célhálózat a Router0 forgalomirányítási táblájában sem szerepel:

```
Router0#show ip route
      130.1.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C      130.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
R      193.0.0.0/24 [120/2] via 200.200.200.2, 00:00:14, Serial0/1/0
C      200.200.200.0/24 is directly connected, Serial0/1/0
```

A kérdéses hálózat osztályos címe ennek ellenére szerepel az R0-nak küldött RIP frissítésben:

```
Router0#debug ip rip
RIP protocol debugging is on
Router#RIP: received v1 update from 200.200.200.2 on Serial0/1/0
      130.1.0.0 in 1 hops
      193.0.0.0 in 2 hops
```

Ennek oka a RIP frissítések algoritmusában keresendő:

RIP hirdetés feladása előtt a router ellenőrzi, hogy a hirdetni kívánt hálózat ugyan annak az osztályos hálózatnak a része-e, mint az interfész, amin a hirdetést küldeni akarja. Ha nem, akkor a hirdetni kívánt hálózatra automatikus címösszevonást alkalmaz (ezért szerepel a példa esetén a hirdetésben osztályos cím). Ha igen, akkor ellenőrzi, hogy ugyan az-e a hálózati maszkja, mint a hirdető interfésznek. Ha igen, hirdeti a hálózatot, ellenkező esetben nem.

Hirdetés fogadása esetén, ha a hirdetett hálózat ugyan annak az osztályos hálózatnak a része, mint a hirdetést fogadó interfész, akkor a router alkalmazza az interfész hálózati maszkját a hirdetett hálóra. Ha egyezés van, akkor a hálózat bekerül a routing táblába. Ha hirdetés fogadásakor olyan hálózatot kap a forgalomirányító, melynek osztályos címe nem egyezik meg a fogadó interfész osztályos címével, akkor ellenőrzi, hogy a hálózat (vagy annak

bármilyen alhálózata) szerepel-e már a routing táblában (úgy hogy egy másik forrásból került be oda). Ha szerepel, akkor a hirdetést figyelmen kívül kell hagyni.

A probléma megoldására használhatunk statikus forgalomirányítást, amikor manuálisan kell konfigurálni a hálózati útvonalakat, de ennél célszerűbb áttérni a RIP 2-es verziójának (RFC 2453) alkalmazására. Ezzel a hagyományos RIP számos hibája kiküszöbölhető. A hirdetések már tartalmazzák a hálózati maszkot, így a nem folytonos hálózatok és a VLSM használatának problémája is megoldódik.

RIPv2 használata:

```
Router0#sh ip route
      131.1.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
R       131.1.0.0/16 [120/1] via 200.200.200.2, 00:00:19,
Serial0/1/0
C       131.1.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
R      193.0.0.0/24 [120/2] via 200.200.200.2, 00:00:01, Serial0/1/0
C      200.200.200.0/24 is directly connected, Serial0/1/0
```

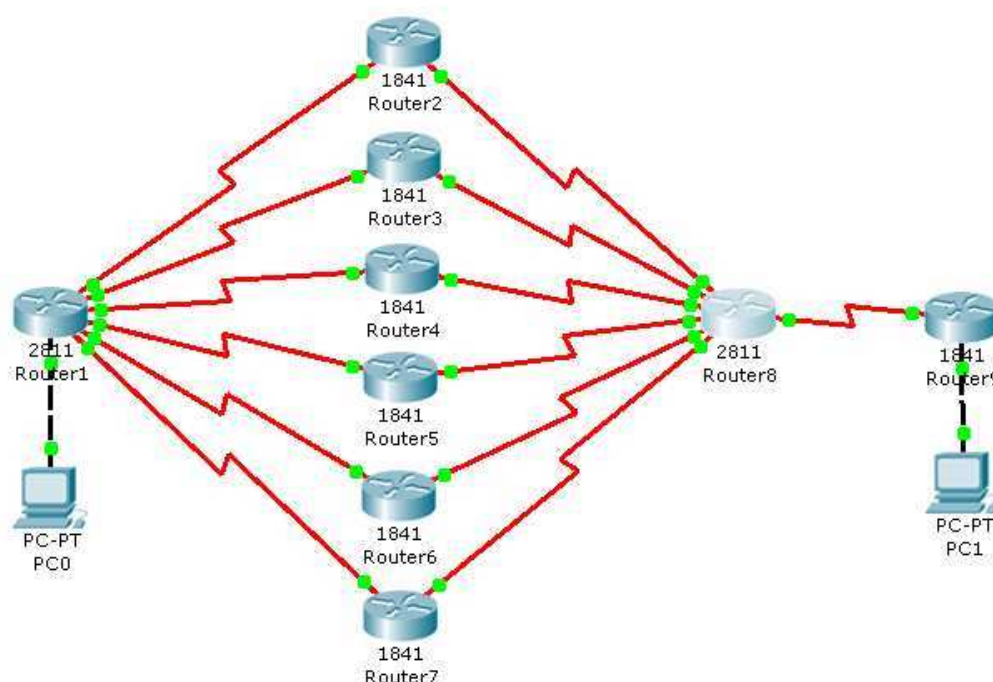
2.1.2 A RIP terheléselosztása

Ha egy hálózati cél több útvonalon is elérhető, akkor nő a hálózat biztonsága (nagyobb valószínűséggel ér célba a csomag), illetve az útvonalak túlterhelése is elkerülhető, ha a forgalmat szétosztjuk a redundáns utak között.

A Cisco routerek esetében, ha a terhelésmegosztás azonos költségű utak között történik, akkor maximum négy, egy célba tartó, azonos költségű út kerülhet be a forgalomirányítási táblába. Ez meggátolja, hogy a RIP négynél több ilyen utat helyezzen el a forgalomirányító táblába (még akkor is, ha a RIP hirdetésekben szerepelnek).

A `maximum-paths` *utak száma* RIP paranccsal megnövelhető az egyenlő költségű utak száma a routing táblában (egészen hatig), használatakor azonban felléphetnek hibák, melyek többnyire félrekonfigurálásból adódnak.

Az 6. ábrán látható hálózatban a Router1-hez kapcsolódó munkaállomásról a Router9-hez kapcsolódó munkaállomás hat egyenlő költségű úton érhető el.



9. ábra – Azonos költségű utak RIP hálózatban

<i>Kapcsolat</i>	<i>Interfészek</i>	<i>Alhálózat (IP címek)</i>	<i>DCE</i>
R1 – R2	S0/3/0 – S0/1/0	200.200.200.4 (5 - 6)	R1
R1 – R3	S0/3/1 – S0/1/0	200.200.200.8 (9 - 10)	R1
R1 – R4	S0/2/0 – S0/1/0	200.200.200.12 (13 - 14)	R1
R1 – R5	S0/2/1 – S0/1/0	200.200.200.16 (17 - 18)	R1
R1 – R6	S0/1/0 – S0/1/0	200.200.200.20 (21 - 22)	R1
R1 – R7	S0/1/1 – S0/1/0	200.200.200.24 (25 - 26)	R1
R2 – R8	S0/1/1 – S0/3/0	200.200.200.28 (29 - 30)	R2
R3 – R8	S0/1/1 – S0/3/1	200.200.200.32 (33 - 34)	R3
R4 – R8	S0/1/1 – S0/2/0	200.200.200.36 (37 - 38)	R4
R5 – R8	S0/1/1 – S0/2/1	200.200.200.40 (41 - 42)	R5
R6 – R8	S0/1/1 – S0/1/0	200.200.200.44 (45 - 46)	R6
R7 – R8	S0/1/1 – S0/1/1	200.200.200.48 (49 - 50)	R7
R8 – R9	S0/0/0 – S0/1/0	200.200.250.128 (129 - 130)	R8
R1 – PC0	Fa0/0 – Fast Eth.	200.200.250.64 (65 - 66)	-
R9 – PC1	Fa0/0 – Fast Eth.	193.0.0.0 (1 - 2)	-

1. táblázat - A példahálózat részletes IP címkiosztása

A Router1-en kiadott `show ip route` parancs segítségével ellenőrizhetjük a forgalomirányítási táblát, és látható, hogy csak négy út vezet a célhoz.

`show ip route`

```
R 193.0.0.0/24 [120/3] via 200.200.200.14, 00:00:20, Serial0/2/0
    [120/3] via 200.200.200.18, 00:00:05, Serial0/2/1
    [120/3] via 200.200.200.6, 00:00:25, Serial0/3/0
    [120/3] via 200.200.200.26, 00:00:22, Serial0/1/1
```

Előfordulhat olyan eset, amikor a `maximum-paths` parancs értéke egyenlő, vagy nagyobb, mint az azonos költségű utak száma, és mégse jelennek meg a kívánt utak a forgalomirányítási táblában (esetleg a parancs nincs beállítva, mégsem látjuk a maximális számú utat). Ekkor a `debug ip rip` parancssal célszerű ellenőrizni, hogy a szomszédos forgalomirányítók hirdetik-e az utakat. Ha nem, akkor a rossz hirdetések okát kell feltárni.

```
RIP: received v2 update from 200.200.200.22 on Serial0/1/0 193.0.0.0/24 via 0.0.0.0 in 3 hops ...
RIP: received v2 update from 200.200.200.10 on Serial0/3/1 193.0.0.0/24 via 0.0.0.0 in 3 hops ...
RIP: received v2 update from 200.200.200.6 on Serial0/3/0 193.0.0.0/24 via 0.0.0.0 in 3 hops ...
RIP: received v2 update from 200.200.200.18 on Serial0/2/1 193.0.0.0/24 via 0.0.0.0 in 3 hops ...
RIP: received v2 update from 200.200.200.14 on Serial0/2/0 193.0.0.0/24 via 0.0.0.0 in 3 hops ...
RIP: received v2 update from 200.200.200.26 on Serial0/1/1 193.0.0.0/24 via 0.0.0.0 in 3 hops ...
```

Mivel tudjuk, hogy több út áll rendelkezésre a terhelésmegosztásra, és a RIP hirdetések is megfelelőek, mégis kevesebb út található a routing táblában, ezért a `maximum-paths` értékét kell ellenőrizni. Jelen esetben a `maximum-paths 6` parancsot még nem adtuk ki a forgalomirányítón, ezért nem látható a maximális számú út.

Ha azt akarjuk elérni, hogy ne legyen terheléselosztás a hálózaton belül akkor a parancsot használhatjuk arra a célra is, hogy minden célhoz csak egy út tartozzon. Ez a `maximum-paths 1` parancssal érhetjük el, amit más esetekben nem célszerű használni.

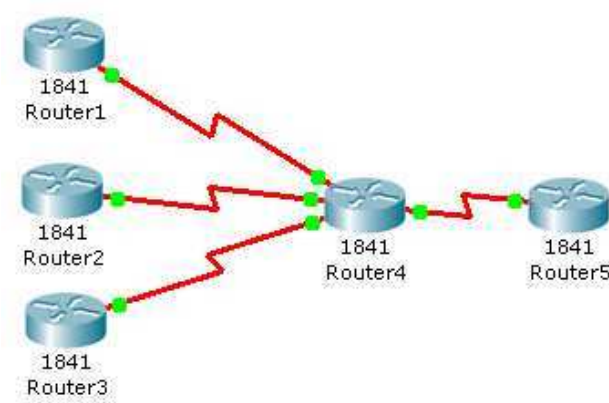
(megj.: A Packet Tracer 5.1-es verziója még nem támogatja ezt a parancsot.)

Ethernet hálózatok esetén a Cisco kidolgozta a HSRP (Hot Standby Router Protocol) protokolt, mely célja a redundáns útvonalak minél hatékonyabb kihasználása (alapértelmezett átjáró meghibásodása esetén a meghibásodott forgalomirányító funkcióját gyorsan vegye át egy másik router). Lényege, hogy routerek egy csoportja (HSRP group / standby group)

létrehoz egy virtuális útválasztót, és a hostok csak ezt látják. A tényleges forgalmat a csoporton belül kiválasztott aktív forgalomirányító bonyolítja le, és ha ez meghibásodik, akkor szerepét a csoport egy másik forgalomirányítója veszi át, úgy hogy a hostok ezt nem észlelik (így jelentősen rövidebb idő alatt jön létre konvergens hálózat). A protokoll szabványosított változata a VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol), a két megvalósítás azonban nem kompatibilis egymással.

2.1.3 A nagyméretű forgalomirányítási táblák problémája

Ha egy hálózati címtartományt alhálózatokra bontunk, akkor az így létrejövő hálózati címeket nem célszerű külön hirdetni (egy adott irányban). A routing táblák méretének csökkentése érdekében címösszevonást kell alkalmazni. Az automatikus címösszevonás alapértelmezetten be van állítva a Cisco forgalomirányítókön, de manuálisan is konfigurálható.



10. ábra

Kapcsolat	Alhálózat (IP cím)
R1 – R4	141.40.41.0 (1 - 2)
R2 – R4	141.40.42.0 (1 - 2)
R3 – R4	142.40.43.0 (1 - 2)
R4 – R5	10.0.0.0 (1 - 2)

2. táblázat

Az 10. ábrán látható példában a Router4-hez kapcsolódó három hálózat címét össze lehet vonni. Az aggregált cím: 141.40.40.0 /22. Címösszevonás előtt látható, hogy a Router5 forgalomirányítási táblájában három bejegyzés található a Router4 mögötti hálózatokra vonatkozóan (az auto-summary opció kikapcsolt állapotban):

```
C 10.0.0.0/8 is directly connected, Serial0/1/0
  141.40.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
R   141.40.41.0 [120/1] via 10.0.0.1, 00:00:08, Serial0/1/0
R   141.40.42.0 [120/1] via 10.0.0.1, 00:00:08, Serial0/1/0
R   141.40.43.0 [120/1] via 10.0.0.1, 00:00:08, Serial0/1/0
```

A Router4 S0/0/1 interfészén a következőképpen állítható be a címösszevonás:

```
Router4(config-if)# ip summary-address rip 141.40.40.0 255.255.252.0
```

A címösszevonást RIP esetén két korlátozással lehet alkalmazni:

1. Az összevont címnek és az interfész címének (amelyikre a címösszevonást konfiguráltuk) ugyan abba az osztályos címtartományba kell tartoznia. Tehát a RIP nem támogatja a supernetting –et.
2. Az interfészen a láthatár megosztás nem lehet engedélyezve. (Ellenkező esetben sem az automatikusan, sem a parancssorosan beállított összevont címet nem hirdeti a router).

(A Packet Tracer 5.1 csak EIGRP esetén támogatja az `ip summary-address` parancsot.)

2.2 OSPF (Open Shortest Path First)

Az OSPF (v2: RFC 2328) nagy és összetett hálózatok számára tervezett, kapcsolat állapot alapú belső átjáró protokoll. Támogatja a nem osztály alapú IP címezést, így a változó hosszúságú alhálózati maszk (VLSM) és a nem folytonos hálózatok használata egyaránt lehetséges. A routerek Hello csomagok segítségével szomszédsági kapcsolatokat alakítanak ki, és minden forgalomirányító rendelkezik egy azonosítóval, ami az interfészeihez rendelt legnagyobb IP cím (ha van loopback interfész, akkor az azokhoz tartozó legmagasabb IP cím). Multiaccess hálózatokban szintén a Hello csomagokat használva Designated Routert ill Backup Designated Routert jelölnek ki: céljuk, hogy csökkentsék a hálózat terhelését a frissítések (LSA – Link State Advertisement) küldésekor. A forgalomirányítási tábla felépítésének része a Dijkstra algoritmus is, mellyel egy Shortest Path First (SPF) fát építenek fel a routerek (emiat nagyobb processzor és RAM igény jelentkezik, mint pl. RIP használata esetén).

Az OSPF forgalomirányítási protokollt alkalmazó hálózatok területekre (area) oszthatók fel. Kisebb hálózatok esetén csak egy ún. központi területet (backbone area) hoznak létre, de a nagyobb hálózatokat célszerű felosztani. Csak mérések alapján dönthető el pontosan, hogy hány router alkotson egy area-t, általánosságban azonban megjegyezhető, hogy egy area-ban körülbelül 50 router tud optimálisan működni. A teljes OSPF autonóm rendszer felosztása hierarchikus tervezést igényel: minden area-nak közvetlenül kapcsolódnia kell a központi területhez. A területek cserélik egymás között a forgalomirányítási információkat, de a területspecifikus információk nem kerülnek hirdetésre (pl.: ha egy link állapota állandóan

változik az area-n belül, az ne okozza minden routeren az SPF algoritmus futtatását). A multiarea OSPF alkalmazásának előnyei:

- kisebb rendszerességű SPF számítások
- kisebb routing táblák
- kisebb Link-State Update terhelés a hálózatba

OSPF hálózatokban szerepük szerint négyféle forgalomirányítót különböztetünk meg:

- belső router – minden interfésze egy area-hoz tartozik
- backbone router – legalább egy interfésze része a backbone area-nak
- terület-határ router (Area Border Router – ABR) – a routernek több területhez is kapcsolódik interfésze
- autonóm területeket összekötő router (Autonomous System Boundary Router – ASBR) – olyan router, melynek legalább egy interfésze az autonóm rendszeren kívüli hálózathoz csatlakozik

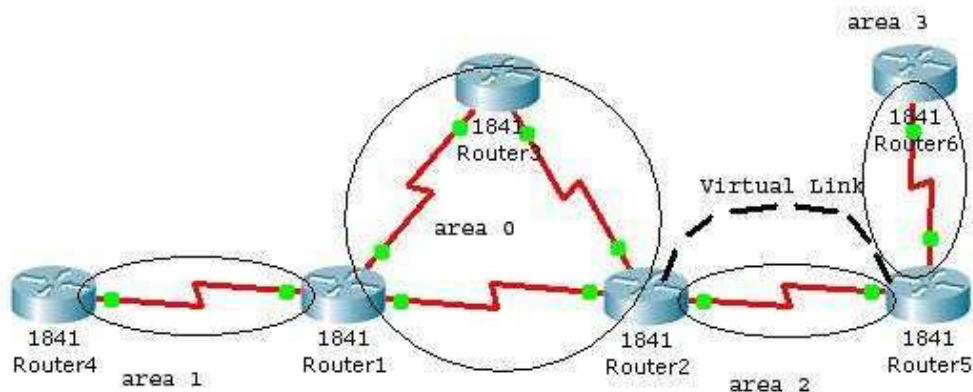
OSPF hálózatok speciális IP címei: 224.0.0.5 – minden OSPF router

224.0.0.6 – minden DR, BDR

2.2.1 A virtual-link lehetőségei OSPF hálózatokban

Ha egy OSPF hálózat több területre van felosztva, minden területnek fizikailag kapcsolatban kell lennie a központi területtel (backbone, area 0). Vannak olyan esetek, amikor ez nem kivitelezhető, de tervezési hiba következtében is előállhat ilyen helyzet. Ekkor célszerű virtual-link-et alkalmazni, ami egy tranzit area-n keresztül csatolja a távoli területet a backbone-hoz. Ez a tranzit area nem lehet ún. stub area, amely nem fogadja az autonóm rendszeren kívülre vonatkozó forgalomirányítási információkat, és ha egy stub area-n belüli router külső hálózatot akar elérni, akkor alapértelmezett útvonalat használ.

A 11. ábrán látható hálózat négy területre van felosztva, melyek mindegyike normál OSPF area. A hármas terület közvetlenül nem csatlakozik a backbone area-hoz, így itt virtual-linket kell alkalmazni. A területeket összekötő virtual-link –et mindig a tranzit area-hoz kapcsolódó routereken kell konfigurálni (jelen esetben tehát az area 3-hoz tartozó Router6-on nem hozható létre a virtual-link).



11. ábra – Virtual-linket tartalmazó OSPF hálózat

A fenti hálózat részletes IP címkiosztása a 3. táblázatban olvasható.

<i>Kapcsolat</i>	<i>Interfészek</i>	<i>Alhálózat (IP címek)</i>	<i>DCE</i>
R1 – R3 (area0)	S0/1/0 - S0/1/0	200.200.200.96 (97 - 98)	R1
R2 – R1 (area0)	S0/1/0 - S0/1/1	200.200.200.32 (34 - 33)	R1
R3 – R2 (area0)	S0/1/1 - S0/1/1	200.200.200.64 (65 - 66)	R3
R4 – R1 (area1)	S0/1/0 - S0/0/0	200.200.50.0 (1 - 2)	R4
R2 – R5 (area2)	S0/0/0 - S0/1/0	200.200.100.0 (1 - 2)	R2
R5 – R6 (area3)	S0/1/1 - S0/1/0	200.200.150.0 (1 - 2)	R6

3. táblázat

A hálózatban szereplő minden router rendelkezik loopback interfésszel, így tehát az OSPF router ID ezen interfészek címe lesz (Router1: 1.1.1.1, Router2: 2.2.2.2, ...). Azért lényeges, hogy loopback interfész határozza meg a router azonosítót, mert virtual-link konfigurálásakor felhasználjuk ezeket az azonosítókat. Ilyen módszer mellett nem fenyeget az a veszély, hogy leáll egy interfész (amely korábban a router ID-t meghatározta), és új azonosítója lesz a forgalomirányítónak, hibát okozva a már beállított virtual-link működésében.

A Router2 konfigurálása:

```
Router2(config-router)# area 2 virtual-link 5.5.5.5
```

A Router5 konfigurálása:

```
Router5(config-router)# area 2 virtual-link 2.2.2.2
```

A konfigurálás után a megfelelő működés ellenőrzésére alapvetően három lehetőségünk is van. Egyfelől használhatjuk a `show ip ospf virtual-links` parancsot, ami a beállított virtuális linkek állapotát jeleníti meg (a Packet Tracer hiányossága ezen a téren, hogy ugyan konfiguráció szinten megengedi a virtual-linkek használatát, de ez a parancs már nem része a szoftvernek). Másfelől a `show ip ospf neighbors` is információt szolgáltat a virtual-link kialakulásáról, mivel konfigurálás után a távoli terület routerének szomszédsági táblájában meg kell jelennie a backbone terület routerének.

Router5#show ip ospf neighbor

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
2.2.2.2	0	FULL/ -	00:00:38	200.200.100.1	OSPF_VL0
2.2.2.2	1	FULL/-	00:00:33	200.200.100.1	Serial0/1/0
6.6.6.6	1	FULL/-	00:00:33	200.200.150.2	Serial0/1/1

Az első sorban látható, hogy virtual-link kapcsolaton keresztül alakult ki a szomszédsági viszony.

Végül a `ping` paranccsal is ellenőrizhető az elérhetőség (Router6-ról a Router2 S0/0/0 interfészét ellenőrizzük):

Router6#ping 200.200.100.1

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 200.200.100.1, timeout is 2 seconds:

!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 16/52/62 ms

Ha megnézzük a fenti topológiát, egy link beiktatásával elkerülhető lenne a virtual-link használata. Ha az R6 és az R3 routereket összekapcsoljuk, így kiterjesztve a hármast területet, akkor teljesül a multi area OSPF alapvető feltétele (közvetlen kapcsolat a backbone-nal). A virtual-link használata ekkor redundáns útvonalként értelmezhető, mely biztosítja a kapcsolatot a központi területhez az R6 – R3 link leállításakor.

<i>Kapcsolat</i>	<i>Interfészek</i>	<i>Alhálózat (IP címek)</i>	<i>DCE</i>
R6 – R3 (area3)	S0/0/0 - S0/1/1	200.200.160.0 (1 - 2)	R6

A virtual-linknek hibás működésének legfőbb okai:

- rossz router ID használata konfiguráláskor (célszerű konfigurálás előtt az azonosítót a `show ip ospf interface` paranccsal ellenőrizni)
- stub area-n keresztül akarjuk beállítani a kapcsolatot
- a backbone area hitelesítést használ – ebben az esetben a virtual-link-re is be kell állítani a hitelesítést.

Tegyük fel, hogy az 11. ábrán szereplő hálózatban Message Digest 5 hitelesítést alkalmaznak, ahol a kulcsazonosító értéke 1, a jelszó pedig dm2009. Ekkor a virtual-link konfigurálásának helyes módja (a Router2-n illetve a Router5-ön):

```
area 2 virtual-link 5.5.5.5 message-digest-key 1 md5 dm2009
```

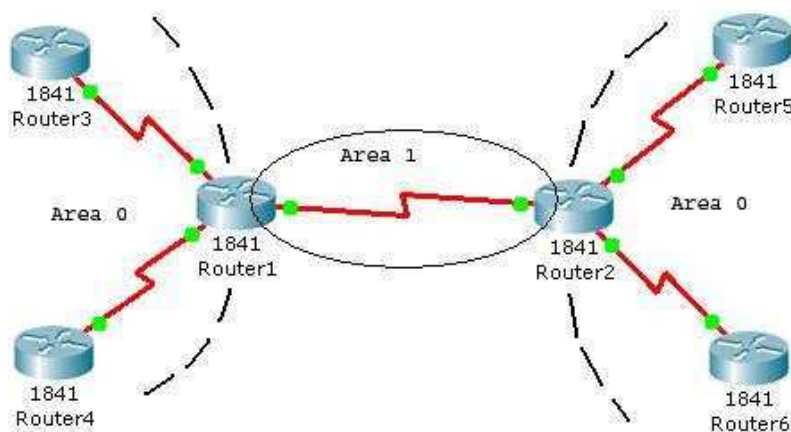
```
area 2 virtual-link 2.2.2.2 message-digest-key 1 md5 dm2009
```

Ezen felül az area 0 -ra mindkét routeren engedélyezni kell a hitelesítést (OSPF konfigurációs módban):

```
area 0 authentication message-digest
```

(A Packet Tracer-ben van lehetőség OSPF hitelesítés beállítására – mind plain text, mind MD5 hitelesítés használható – de virtual-link esetében nem alkalmazhatunk hitelesítést.)

A virtual-link további nagyon fontos alkalmazási lehetőségét mutatja be az 12. ábra, ahol jól láthatóan beékelődik egy hálózat az area 0 két része közé (természetesen valós hálózatok esetén a közbeékelődött hálózatrész több forgalomirányítót is magába foglalhat).



12. ábra

Mivel ez az állapot az OSPF működése szempontjából nem megengedett, virtual-link-kel össze kell kapcsolnunk a „szétszakadt” backbone-t (máskülönben a két hálózatrész nem látja egymást). A konfigurálást a Router1-en illetve 2-n kell elvégezni:

```
Router1(config-router)# area 1 virtual-link 2.2.2.2
```

```
Router2(config-router)# area 1 virtual-link 1.1.1.1
```

A virtual-link kiváltására rendelkezésre áll az ún. GRE alagút (Generic Routing Encapsulation) módszer, amelynek legfőbb előnye, hogy stub areát is képes tranzit areaként használni.

2.3 EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)

A klasszikus távolságvektor alapú protokollok (RIP, IGRP) számos hátránnyal rendelkeztek, főleg abban az esetben, ha nagyobb méretű hálózatokban akarták őket használni. Nem támogatták a változó hosszúságú alhálózati maszkokat és a nem folytonos hálózatokat, továbbá a periodikus forgalomirányítási frissítések is sávszélességet foglaltak. Jellemző rájuk a lassú konvergencia, és a teljes hurokmentesség sem biztosított.

Ezen problémák kiküszöbölésére dolgozta ki a Cisco az EIGRP protokollt, melyet kapcsolatállapot és távolságvektor alapú működés egyaránt jellemez (hibrid protokoll). Az EIGRP teljesen hurokmentes utat biztosít egy autonóm rendszeren belül, és csak abban az esetben kerül sor hirdetésekre, ha változás történik a hálózatban (a protokoll saját csomagjainak továbbküldésére a rendelkezésre álló sávszélességnek maximum 50%-át használja, így mindig jut sávszélesség az irányított protokollok forgalmának is).

A routerek EIGRP üzenetek küldésére unicast címeket használnak, vagy pedig egy speciális multicast IP címet: 224.0.0.10.

Az EIGRP protokollt használó routerek több táblában tárolják a forgalomirányításra és a hálózat topológiájára vonatkozó információkat:

- Neighbor table (szomszéd tábla) – A routerrel szomszédos, szintén EIGRP protokollt használó forgalomirányítók listája. Minden EIGRP által támogatott protokollhoz külön tábla tartozik.

- Topology table (topológia tábla) – Minden, a forgalomirányító által ismert cél esetén tartalmazza azokat a szomszéd forgalomirányítókat, melyek az adott célhoz utat hirdetnek. Minden konfigurált hálózati protokollhoz külön tábla tartozik.
- Routing table – A célállomásokhoz vezető legjobb út (a topológia táblából kiválasztva).

Az EIGRP működésének hátterében a Diffusing Update Algorithm (DUAL) áll. A továbbiakban tárgyalt, forgalomirányítással kapcsolatos problémák megértéséhez szükséges az alábbi fogalmak megismerése:

- Reported Distance – A célhoz vezető út metrikája, ahogyan az oda vezető út első forgalomirányítója hirdeti.
- Feasible Distance – A célba vezető út költségek minimuma.
- Feasibility Condition – Ez a feltétel akkor teljesül, ha a $RD < FD$.
- EIGRP Successor (Nyerő út) – Az a célba vezető legkisebb költségű út, mely teljesít az FC feltételt.
- Feasible Successor (Backup/Tartalék út) – Olyan szomszéd, mely teljesíti az FC feltételt, de nem lett kiválasztva, mint „nyerő út”.
- Passzív állapotú út – Azt jelzi, hogy van érvényes FS egy célhoz.
- Aktív állapotú út – Jelzi, hogy a router elvesztette a „nyerő útvonalat” egy célhoz, és jelenleg új, alternatív útvonalat keres.

2.3.1 Az EIGRP útösszevonási problémái

Hasonlóan a RIP-hez és az IGRP-hez, EIGRP használata esetén is két formája van az útösszevonásnak. Alapértelmezett működés esetén az EIGRP az osztályos határokon összevonja a hálózati címeket (autosummarization). Ez abból a szempontból hasznos, hogy csökkenti a routing táblák méretét, ha azonban nem folytonos hálózatokat is alkalmazunk, akkor a megfelelő működés érdekében ezt az opciót az alábbi parancs segítségével ki kell kapcsolni (EIGRP konfigurációs módban):

```
Router(config-router)#no auto-summary
```

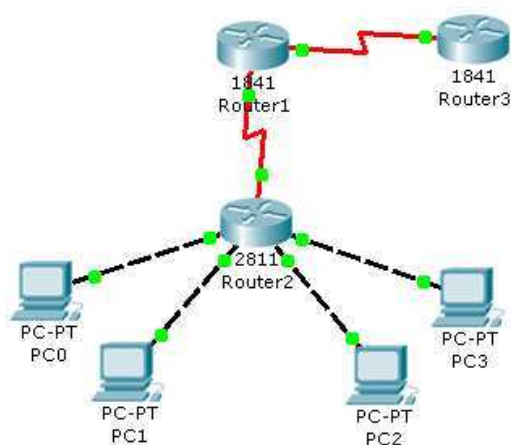
A másik alkalmazható módszer a manuális címösszegzés, aminek a konfigurálása csak interfészenként lehetséges az alábbi paranccsal:

```
Router(config-if)#ip summary-address eigrp Autonóm_rendszer_száma  
IP-cím maszk [Administrative-Distance]
```

Az útösszevonás megfelelő alkalmazása az egyik leghatékonyabb eszköz arra, hogy megelőzzük az ún. „stuck in active” problémákat (a router nem talál megfelelő utat egy célhoz, és folyamatosan futtatja a DUAL algoritmust, ezzel erőforrást foglalva le).

A hibás működés a legtöbb esetben rossz konfigurálásra vezethető vissza. Lássunk erre két példát.

2.3.1.1 A router nem hirdeti az aggregált címet



Az 13. ábrán látható hálózaton a munkaállomások négy olyan Router2 -höz kapcsolódó alhálózatot reprezentálnak, melyek hálózati címe a forgalomirányítás során összevonható lenne (a címkiosztás a 4. táblázaton látható). Aggregáció után elég lenne csak ezt az összevont címet hirdetni (141.40.40.0 /21).

13. ábra

<i>Kapcsolat</i>	<i>Interfészek</i>	<i>Alhálózat (IP címek)</i>	<i>DCE</i>
R1 – R2	S0/1/1 - S0/3/0	200.200.200.4 (5 - 6)	R1
R1 – R3	S0/1/0 - S0/1/0	200.200.200.8 (9 – 10)	R1
PC0 – R2	FastEth. – Fa0/0	141.40.41.0 (2 - 1)	-
PC1 – R2	FastEth. – Fa0/1	141.40.42.0 (2 - 1)	-
PC2 – R2	FastEth. – Eth0/1/0	141.40.43.0 (2 - 1)	-
PC3 – R3	FastEth. – Eth0/0/0	141.40.44.0 (2 - 1)	-

4. táblázat

Címösszevonás előtt még a Router3 forgalomirányítási táblájában is szerepel minden Router2-höz kapcsolódó alhálózat (az EIGRP ugyan használ automatikus címösszevonást, jelen esetben ez ki van kapcsolva a routereken, mivel ez a manuális címösszevonás előfeltétele).

A címösszevonást most az 1-es routeren végezzük el, ahol az `ip summary-address eigrp` parancs kiadása után a routing táblában megjelenik az összevont út, melynek

metrikája az összevonandó utak metrikái közül a legjobb lesz (természetesen, ha ez az út valamilyen ok miatt megszűnik, akkor változik az összevont út metrikája is). Ha az összevont utak mindegyike megszűnik, a router nem hirdeti tovább az összevont címet. A 3-as forgalomirányító routing táblája a címösszevonást követően jelentős mértékben kisebb lesz:

```
Router3#sh ip route
```

```
141.40.0.0/21 is subnetted, 1 subnets
```

```
D 141.40.40.0 [90/2681856] via 200.200.200.9, 00:55:10, Serial0/1/0
```

```
200.200.200.0/30 is subnetted, 2 subnets
```

```
D 200.200.200.4 [90/2681856] via 200.200.200.9, 00:55:10, Serial0/1/0
```

```
C 200.200.200.8 is directly connected, Serial0/1/0
```

Alapvetően két oka lehet, ha a router nem hirdeti az összevont utat:

- Hibás konfiguráció.
- Ha nem szerepel az összevont út legalább egy alhálózata a forgalomirányító routing táblájában, akkor a router nem hirdeti az aggregált címmel rendelkező utat. Ebben az esetben a megoldás egy olyan loopback interfész konfigurálása a forgalomirányítón, melynek címe része az összevont címtartománynak.

Tegyük fel például, hogy a Router2-n egy másik összevont címet is hirdetni akarunk a már meglévő mellett az S0/1/0 interfészen. Legyen ez a cím: 141.40.48.0 /21. Konfigurálás után a forgalomirányítási táblát ellenőrizve csak a már konfigurált összevont út látható, és megfigyelhető, hogy egyik alhálózat sem esik bele az új összevont cím tartományába, ami a 141.40.48.1 – 141.40.63.255 címeket fedi le:

```
Router1#Show ip route
```

```
141.40.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
```

```
D 141.40.40.0/21 is a summary, 00:00:16, Null0
```

```
D 141.40.41.0/24 [90/2172416] via 200.200.200.6, 00:00:16, Serial0/1/1
```

```
D 141.40.42.0/24 [90/2172416] via 200.200.200.6, 00:00:16, Serial0/1/1
```

```
D 141.40.43.0/24 [90/2195456] via 200.200.200.6, 00:00:16, Serial0/1/1
```

```
D 141.40.44.0/24 [90/2195456] via 200.200.200.6, 00:00:16, Serial0/1/1
```

```
200.200.200.0/30 is subnetted, 2 subnets
```

```
C 200.200.200.4 is directly connected, Serial0/1/1
```

```
C 200.200.200.8 is directly connected, Serial0/1/0
```

Hozzunk létre egy loopback interfészt a 141.40.49.1 255.255.255.0 IP címmel, és ellenőrizzük újra a routing táblát.

2.3.1.2 Túl sok összevonás

Ez a hiba főleg tervezési hiányosságokra vezethető vissza. A fő probléma az, hogy az összevont cím nagyobb tartományt fed le, mint a ténylegesen létező alhálózatok, így előfordulhat, hogy egy feladó a hibás hirdetés miatt arra küldi a csomagot.

Ha visszatekintünk a 13. ábrán látható hálózatra, és az IP címkiosztásra, valamint megvizsgáljuk az aggregált címet, látható, hogy ott is túl széles lett a meghatározott tartomány. Ha a hármask routeren kiadjuk a ping 141.40.45.1 parancsot, arra nem fogunk választ kapni: a routing táblában ugyan szerepel az összevont 141.40.40.0 /21 cím, ami magába foglalja az elérni kívánt hálózatot, az azonban fizikailag nem létezik.

Vannak olyan esetek, amikor a hiba kiküszöbölésére elegendő az aggregált cím maszkját megváltoztatni:

Tegyük fel, hogy egy router kapcsolódik egy olyan hálózathoz, mely a 141.40.60.0/24 – 141.40.96.0/24 hálózati címeket foglalja magába. A router a 141.40.0.0/16 összevont címet hirdeti. Itt a már említett probléma áll fent, mely megoldható, ha a maszkot 255.255.224.0-ra módosítjuk.

A példánkban ez az út nem járható. Mivel címösszevonásnál összefüggő tartományt érdemes aggregálni, megváltoztathatjuk úgy a konfigurációt, hogy egy alhálózat kimarad az összevont címből (és még így is csökken a routing tábla mérete). Az összevont cím tehát 141.40.40.0 /22 –re változik (egy bittel jobbra kiterjesztjük a maszkot), ami így a 141.40.41.0 – 141.40.43.0 tartományt fedi le. A 141.40.44.0 alhálózat külön kerül hirdetésre.

2.3.2 Terheléelosztás EIGRP használata esetén

A már tárgyalt RIP protokoll mellett EIGRP használata esetén is megvan a lehetőség a hálózati forgalom elosztására, hogyha létezik több, azonos hosszúságú út egy adott célhoz. A RIP-hez hasonlóan itt is használható az azonos költségű utak közötti terheléelosztás, de az eltérő költségű utak is bevonhatók a terheléelosztásba.

Az EIGRP összetett metrikát használ, mely az alábbi képlet alapján számolható ki:

$$\text{Metrika} = [\text{K1} * \text{sávszélesség} + (\text{K2} * \text{sávszélesség}) / (256 - \text{terhelés}) + \text{K3} * \text{késleltetés}] * [\text{K5} / (\text{megbízhatóság} + \text{K4})],$$

ahol a sávszélesség az úton előforduló legkisebb értékkel egyenlő, a késleltetés pedig az út teljes hosszán fellépő késleltetések összege. A K1 – K5 konstansok alapértelmezett értéke: K1=K3 = 1, K2=K4=K5 = 0 (ekkor a $[\text{K5} / (\text{megbízhatóság} + \text{K4})]$ faktort nem vesszük figyelembe, értékét 1-nek tekintjük). Ha meg akarjuk változtatni a metrika számolásához használt konstansok értékeit (pl. mert be akarjuk vonni esetleg a megbízhatóságot is), akkor a konstansok értéke a `metric weights tos k1 k2 k3 k4 k5` paranccsal módosítható.

A metrika összetevői meghatározhatók a `show interfaces int.azonosito` paranccsal, de közvetlenül is megnézhető a `show ip eigrp topology hálózati_cím / maszk` parancs segítségével.

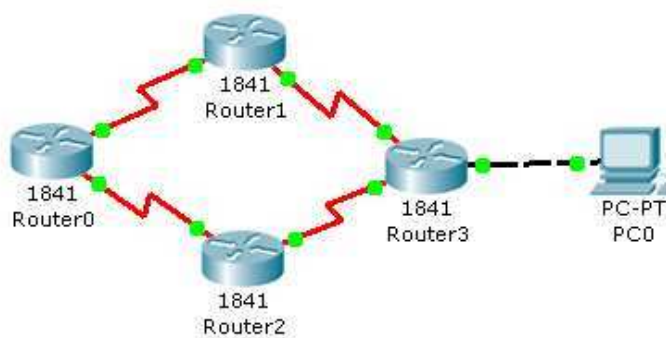
Alapértelmezett esetben az EIGRP az azonos költségű, ugyan olyan hosszúságú utakat helyezi el a routing táblában, ezekből is maximum 4-et. Ha ezen változtatni akarunk, akkor a RIP esetén már ismertetett `maximum-paths` parancsot alkalmazhatjuk, így az utak száma 6-ra növelhető. Számos olyan eset van, amikor az utak egyenlő hosszúak, költségeik azonban eltérőek. Ezek közül csak az a legkisebb költségű út kerül be routing táblába, amely teljesíti a Feasibility Condition feltételt. Ha a többi utat is be szeretnénk vonni a forgalomirányításba, akkor célszerű az EIGRP `variance` parancsát alkalmazni, de megoldás lehet még a metrika változtatása, illetve az `offset-list` parancs alkalmazása is.

2.3.2.1 A variance parancs

A parancsot EIGRP konfigurációs módban kell kiadni `variance n` formában, ahol *n* egy együttható. A parancs hatására azok az utak is bekerülnek a forgalomirányítási táblába, melyek metrikája legfeljebb *n*-szerese a nyerő út metrikájának. (A működés feltétele, hogy az út Feasible Successor legyen, különben nem vehet részt a terhelésmegosztásban).

Az együttható értéke 1 és 128 közötti egész szám lehet. Alapértelmezésben *n*=1, ami egyenlő költségű terheléelosztást jelent.

Vegyük például a 14. ábrán látható hálózatot, ahol a 193.0.50.0 /24 hálózatban található munkaállomáshoz két út vezet, mindkettő azonos metrikával.



14. ábra

<i>Kapcsolat</i>	<i>Interfészek</i>	<i>Alhálózat (IP címek)</i>	<i>DCE</i>
R0 – R1	S0/1/0 – S0/1/0	200.200.200.4 (5 – 6)	R0
R0 – R2	S0/1/1 – S0/1/0	200.200.200.8 (9 – 10)	R0
R1 – R3	S0/1/1 – S0/1/0	200.200.200.12 (13 – 14)	R1
R2 – R3	S0/1/1 – S0/1/1	200.200.200.16 (17 – 18)	R2
R3 – PC0	FA0/0 – FastEth	193.0.50.0 (1 – 2)	-

5. táblázat

Az utak azonos metrikája miatt mindkettő bekerül a Router0 routing táblájába:

```
Router0#sh ip route
```

...

```
D 193.0.50.0/24 [90/2684416] via 200.200.200.6, 00:18:54, Serial0/1/0
    [90/2684416] via 200.200.200.10, 00:18:54, Serial0/1/1
```

...

A variance parancs szemléltetéséhez változtassuk meg a Router0 Router1 felé tartó soros kapcsolatának sávszélességét 256 Kbit-re:

```
Router0(config)#interface s0/1/0
```

```
Router0(config-if)#bandwidth 256
```

Rögzítsük a delay értékét is mind az S0/1/0, mind az S0/1/1 interfészeken a delay 100 paranccsal.

Ezzel megváltozik a Router2 felé vezető út metrikája, és a routing táblába már csak egy út marad a 193.0.50.0 hálózathoz:

```
Router0#sh ip route 193.0.50.0
```

```
Routing entry for 193.0.50.0/24
```

...

Routing Descriptor Blocks:

```
* 200.200.200.10, from 200.200.200.10, 00:25:36 ago, via Serial0/1/1
```

...

A `sh ip eigrp topology 193.0.50.0` parancs segítségével megállapíthatjuk a két út metrikáját: R0 – R1 felé: 10540032

R0 – R2 felé: 2198016

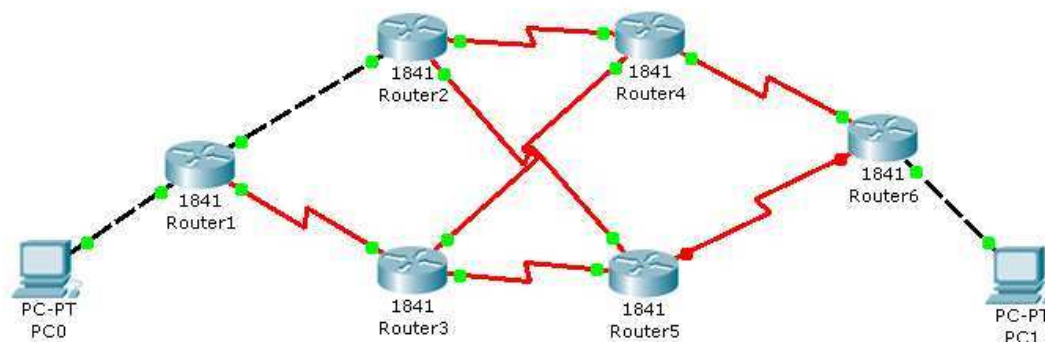
A `variance` parancs együtthatójának ekkor 5-nek kell lennie ($10540032 / 2198016 = 4,795$).

(Esetleges hibás működésből eredően a Packet Tracer 5.1 ekkor sem adja hozzá a 2. utat a routing táblához.)

Az EIGRP intelligens terheléelosztást is lehetővé tesz. A `traffic-share balanced` parancs segítségével a forgalom a metrikák arányában oszlik el a redundáns útvonalak között. A `variance` parancs működését továbbá befolyásolhatjuk a `traffic-share min across-interfaces` opcióval. Ekkor tulajdonképpen úgy működik a terheléelosztás, mint azonos költségű utak esetén, azzal a különbséggel, hogy a routing táblába bekerülnek a Feasible Successor utak is, így gyorsabb konvergenciát lehetővé téve, ha az aktuális „nyerő út” meghibásodik.

2.3.2.2 A metrikák változtatása, és az offset-list parancs

Tekintsük a 15. ábrán látható hálózatot, melyben a PC0 és PC1 között több azonos hosszúságú út is létezik. Ezek nem lesznek egyenlő költségűek, hiszen a Router1 és Router2 közötti link egy Ethernet kapcsolat, míg máshol soros interfészen keresztül kapcsolódnak a forgalomirányítók. A hálózat címkiosztása az 6. táblázatban látható.



15. ábra

<i>Kapcsolat</i>	<i>Interfészek</i>	<i>Alhálózat (IP címek)</i>	<i>DCE</i>
R1 – R2	FA0/1 – FA0/0	200.200.200.4 (5 – 6)	-
R1 – R3	S0/1/0 – S0/1/0	200.200.200.8 (9 – 10)	R1
R2 – R4	S0/1/0 – S0/1/0	200.200.200.12 (13 – 14)	R2
R2 – R5	S0/1/1 – S0/1/0	200.200.200.16 (17 – 18)	R2
R3 – R4	S0/1/1 – S0/1/1	200.200.200.20 (21 – 22)	R3
R3 – R5	S0/0/0 – S0/1/1	200.200.200.24 (25 – 26)	R3
R4 – R6	S0/0/0 – S0/1/0	200.200.200.28 (29 – 30)	R4
R5 – R6	S0/0/0 – S0/1/1	200.200.200.32 (33 – 34)	R5
PC1 – R1	FastEth – FA0/0	193.0.0.0 (2 – 1)	-
PC2 – R6	FastEth – FA0/0	193.0.50.0 (2 – 1)	-

6. táblázat

A terheléelosztás előtt nézzük meg, hogy milyen utakon, és milyen összetett metrikával érhető el a PC1 hálózata (193.0.50.0):

Router1#sh ip eigrp topology 193.0.50.0

IP-EIGRP (AS 100): Topology entry for 193.0.50.0/24

State is Passive, Query origin flag is 1, 1 Successor(s), FD is 2686976

Routing Descriptor Blocks:

200.200.200.6 (FastEthernet0/1), from 200.200.200.6, Send flag is 0x0

Composite metric is (2686976/2684416), Route is Internal

200.200.200.10 (Serial0/1/0), from 200.200.200.10, Send flag is 0x0

Composite metric is (4294967295/2684416), Route is Internal

A Router1-ről tehát Router2 (200.200.200.6) és Router3(200.200.200.10) felé indulva érhető el a célhálózat, és a nyerő út a Router2-n keresztül vezet. A két út metrikája nem egyezik meg, tehát eltérő költségű utak közti terheléelosztást kell alkalmaznunk ahhoz, hogy mindkét út bekerüljön a forgalomirányítási táblába. A variance parancs azonban nem alkalmazható, mivel a két metrika között túl nagy a különbség: $4294967295 / 2686976 = 1598,439$. A variance együtthatója pedig maximum 128 lehet.

A probléma megoldásának egyik módja, hogyha módosítjuk a célhoz vezető interfészek valamelyikén a metrikában szereplő összetevőket, jelen esetben a sávszélességet és a metrikát. Nézzük meg ezeket az értékeket a Router1 Ethernet interfészén (Fa0/1):

```
Router1#sh int fa0/1
```

```
FastEthernet0/1 is up, line protocol is up (connected)
```

```
Hardware is Lance, address is 000c.cf53.c902 (bia 000c.cf53.c902)
```

```
Internet address is 200.200.200.5/30
```

```
MTU 1500 bytes, BW 100000 Kbit, DLY 100 usec, rely 255/255, load 1/255
```

...

Látható, hogy a sávszélesség 100000Kbit, a késleltetés pedig 100usec, ennek megfelelően állítsuk be az értékeket a Router1 S0/1/0 interfészén:

```
Router1(config)#int s0/1/0
```

```
Router1(config-if)#bandwidth 100000
```

```
Router1(config-if)#delay 10
```

(A delay konfigurálásánál a tényleges érték tizedét kell megadnunk!)

A célhálózathoz vezető két út metrikája így már megegyezik, és mindkét út bekerül a forgalomirányítási táblázatba:

```
Router1#sh ip route
```

```
D 193.0.50.0/24 [90/2686976] via 200.200.200.6, 00:38:26, FastEthernet0/1
```

```
[90/2686976] via 200.200.200.10, 00:15:00, Serial0/1/0
```

...

A két út metrikájának kiegyenlítésére alkalmazhatjuk még az EIGRP offset-list parancsát, mely egy konstans értéket ad hozzá egy adott interfészen keresztül vezető adott úthoz. Mivel itt az Ethernet interfész rendelkezik jobb metrikával, ezt kell megnövelni annyira, hogy egyenlő legyen a soros interfész metrikájával. Ehhez először meg kell határozni a két érték közötti különbséget: $4294967295 - 2686976 = 4292280319$.

A parancs használatához továbbá létre kell hozni egy hozzáférési listát:

```
Router1(config)#access-list 42 permit 193.0.50.0 0.0.0.255
```

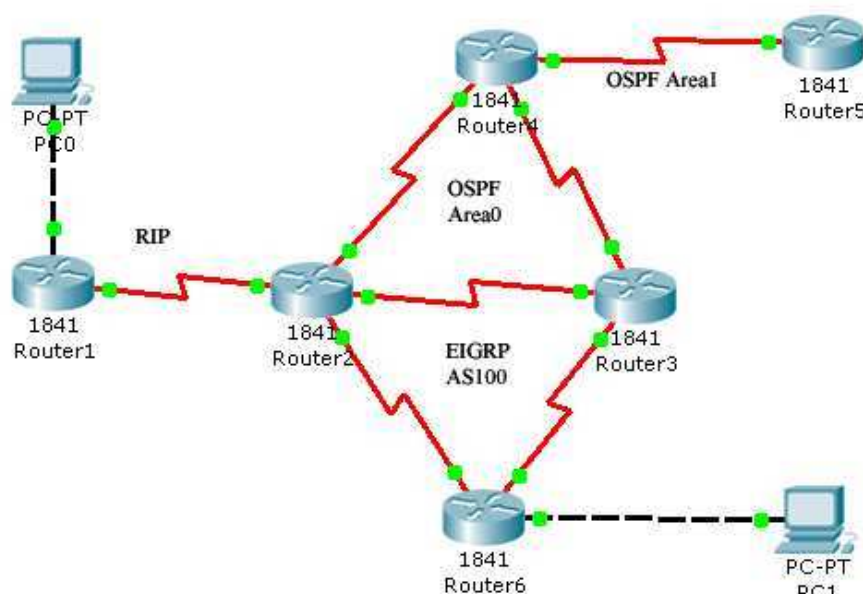
Ezután EIGRP konfigurációs módban adható meg az offset-list parancs. A hozzáférési lista segítségével határozhatjuk meg, hogy melyik hálózatra vonatkozóan kívánjuk megváltoztatni a metrikát. Ezt követően a változtatás mértékét, illetve azt az interfészt kell megadnunk, ahol szeretnénk, hogy a parancs kifejtsse hatását:

```
offset-list 42 in 4292280319 Fa0/1
```

(Megjegyzés: A Packet Tracer 5.-es változatában az offset-list parancs még nem elérhető.)

2.4 Különböző forgalomirányítási protokollok együttes használata

Számos esetben előfordul, hogy nagyobb hálózatokban különböző forgalomirányítási protokollokat használnak. Ha ezek a különböző protokollokat futtató hálózati területek forgalomirányítási információkat akarnak szerezni egymástól, akkor azokat a háttérrouteren meg kell osztani. Ezt a folyamatot route redistribution-nek nevezik.



Tekintsük a 16. ábrán (31. oldal lap alja) látható példahálózatot (IP címkiosztás a 7. táblázatban), mely RIP, EIGRP és OSPF forgalomirányítási protokollokat egyaránt futtat.

<i>Kapcsolat</i>	<i>Interfészek</i>	<i>Alhálózat (IP címek)</i>	<i>DCE</i>
R1 – R2	S0/1/0 – S0/1/0	200.200.200. (.5 - .6)	R1
R2 – R4	S0/1/1 – S0/1/0	200.200.200. (.9 - .10)	R2
R2 – R3	S0/0/0 – S0/1/0	200.200.200. (.13 - .14)	R2
R2 – R6	S0/0/1 – S0/1/0	100.100.100.4 (.5 - .6)	R6
R4 – R5	S0/0/0 – S0/1/0	200.200.200. (.21 - .22)	R4
R4 – R3	S0/1/1 – S0/0/0	200.200.200. (.17 - .18)	R4
R3 – R6	S0/1/1 – S0/1/1	100.100.100.4 (.9 - .10)	R6
R1– PC0	FA0/0 – FastEth	193.0.0.0 (.1 - .2)	-
R6– PC1	FA0/0 – FastEth	193.0.50.0 (.1 - .2)	-

7. táblázat

A 8. táblázat bemutatja, hogy az R2 és R3 routerek interfészei melyik forgalomirányítási protokoll működésében vesznek részt (csak ezen a két forgalomirányítón fut egyszerre több protokoll is):

<i>Router interfész</i>	<i>RIP</i>	<i>EIGRP</i>	<i>OSPF</i>
R2 S0/1/0	X	-	-
R2 S0/1/1	-	-	X
R2 S0/0/0	-	-	X
R2 S0/0/1	-	X	-
R3 S0/1/0	-	-	X
R3 S0/1/1	-	X	-
R3 S0/0/0	-	-	X

8. táblázat

A hálózatban RIP protokoll tehát csak az 1-es és 2-es router között működik, EIGRP pedig csak az R6 - R3 és R6 - R2 között fut. Minden más interfészre OSPF van konfigurálva.

Vizsgáljuk meg először a RIP protokollt futtató hálózatrészt. A Router1 forgalomirányítási táblájában kezdetben csak a közvetlenül kapcsolódó hálózatok, illetve a 200.200.200.0 hálózatnak azok az alhálózatai találhatók meg, melyek Router2-höz közvetlenül kapcsolódnak. A Router2 felől nem érkezik olyan hirdetés, melyben egyéb utak is lennének, annak ellenére, hogy az három forgalomirányítási protokollt is futtat. A Router4 és 5 közötti alhálózat a Router2-n például OSPF-en keresztül látszik:

```
Router2#sh ip route 200.200.200.20
Routing entry for 200.200.200.20/30
Known via "ospf 1", distance 110, metric 128, type intra area
```

A hálózat nem látszik a Router1 forgalomirányítási táblájában:

```
Router1#sh ip route 200.200.200.20
% Subnet not in table
```

Ha a Router1-ről is el szeretnénk érni a fent említett hálózatot (és az OSPF által hirdetett egyéb hálózatokat), akkor a Router2-n át kell irányítani az OSPF által nyert hálózati információkat úgy, hogy azt a RIP is hirdesse (route redistribution). Ezt a Router2 RIP konfigurációs módjában a `redistribute OSPF 1` paranccsal tehetjük meg.

Az átirányítás után azonban még mindig nem látszik a 200.200.200.20-as alhálózat a Router1 forgalomirányítási táblájában. A `debug ip rip` paranccsal ellenőrizhető, hogy sikeres volt-e az átirányítás:

```
Router1#debug ip rip
RIP protocol debugging is on
Router1#RIP: received v2 update from 200.200.200.6 on Serial0/1/0
  200.200.200.8/30 via 0.0.0.0 in 16 hops
  200.200.200.12/30 via 0.0.0.0 in 16 hops
  200.200.200.16/30 via 0.0.0.0 in 16 hops
  200.200.200.20/30 via 0.0.0.0 in 16 hops
```

Az OSPF által hirdetett hálózatokat láthatóan átvette a RIP, azonban a metrika értéke 16, mely azt jelzi, hogy a hálózatok elérhetetlenek (ezzel a lépéssel a Router2-höz közvetlenül kapcsolódó 200.200.200.8 és 200.200.200.12 hálózatok is elérhetetlenné váltak). A probléma megoldása, hogy átirányításkor olyan metrikát kell megadnunk, mellyel a RIP elérhetőként tartja számon a hálózatokat. A Router2-n RIP konfigurációs módban állítsunk be 1-re az átirányított utak metrikáját a `redistribute ospf 1 metric 1` paranccsal. Ekkor az OSPF-től átvett hálózatok már elérhetőként jelennek meg a Router1 forgalomirányítási táblájában:

```
Router1#sh ip route
```

```
C 193.0.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
    200.200.200.0/30 is subnetted, 5 subnets
C    200.200.200.4 is directly connected, Serial0/1/0
R    200.200.200.8 [120/1] via 200.200.200.6, 00:00:06, Serial0/1/0
R    200.200.200.12 [120/1] via 200.200.200.6, 00:00:06, Serial0/1/0
R    200.200.200.16 [120/3] via 200.200.200.6, 00:00:06, Serial0/1/0
R    200.200.200.20 [120/3] via 200.200.200.6, 00:00:06, Serial0/1/0
```

Ezzel azonban még nem garantált, hogy a RIP és OSPF hálózati részek elérik egymást, jól mutatja ezt az is, hogy a PC0-ról futtatott `ping 200.200.200.21` parancs (ami az OSPF hálózatrész 5-ös routerének elérhetőségét vizsgálja) sikertelen:

```
PC>ping 200.200.200.21
```

```
Pinging 200.200.200.21 with 32 bytes of data:
```

```
Request timed out.
```

```
Request timed out.
```

```
Request timed out.
```

```
Request timed out.
```

```
Ping statistics for 200.200.200.21:
```

```
Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),
```

Ennek oka, hogy a RIP hálózati információi nem találhatók meg az OSPF területen. A Router5 forgalomirányítási táblája:

```
Router5#sh ip route
```

```
200.200.200.0/30 is subnetted, 4 subnets
```

```
O IA 200.200.200.8 [110/128] via 200.200.200.21, 00:01:35, Serial0/1/0
```

```
O IA 200.200.200.12 [110/192] via 200.200.200.21, 00:01:35, Serial0/1/0
```

```
O IA 200.200.200.16 [110/128] via 200.200.200.21, 00:01:35, Serial0/1/0
```

```
C 200.200.200.20 is directly connected, Serial0/1/0
```

Egy lehetséges megoldás a problémára, hogyha a Router2-n létrehozunk egy statikus utat, ami a 193.0.0.0/24 hálózatra mutat, majd OSPF konfigurációs módban beállítjuk, hogy a statikus utak is kerüljenek bele az OSPF hirdetésre (csak osztályos címek esetén működik):

```
Router2(config-router)#redistribute static
```

```
% Only classful networks will be redistributed
```

Megismételve a fenti `ping` parancsot, ebben az esetben már sikerrel járunk. A megoldás azonban még mindig nem teljes, mivel ugyan ez a probléma fennáll a Router1 és Router2 közötti hálózatrészben is (Router1-ről sikertelen `ping` a 200.200.200.20 hálózat irányába). A Router2-n az előző megoldáshoz hasonlóan alkalmazhatnánk a `redistribute connected` parancsot, az azonban szintén csak osztályos címek esetén működik. Megfelelő címkiosztás esetén létrehozhatunk egy összevont címet, ami lefedi a RIP-et futató hálózatrészt. Ezután erre a címre létrehozhatunk egy statikus utat, amit átírányíthatunk az OSPF hirdetésekbe (természetesen az összevont cím csak osztályos lehet).

Vizsgáljuk meg a Router3 esetét, amely a 100-as EIGRP Autonóm Terület és az OSPF area 0 határán helyezkedik el. Ha el szeretnénk érni, hogy a 100-as Autonóm Területen is láthatóak legyenek az OSPF forgalomirányítási információk, szintén átírányítást kell alkalmaznunk, amit EIGRP konfigurációs módban a `redistribute ospf 1` paranccsal tehetünk meg. Ez azonban még nem megoldás, hiszen a Router6-on például még mindig csak az EIGRP által hirdetett hálózatok láthatók:

Router6#sh ip route

100.0.0.0/8 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks

D 100.0.0.0/8 is a summary, 01:05:24, Null0

C 100.100.100.4/30 is directly connected, Serial0/1/0

C 100.100.100.8/30 is directly connected, Serial0/1/1

C 193.0.50.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

Ebben az esetben is be kell állítani átirányításkor a megfelelő metrikát, hogy a problémát megoldhassuk:

```
default-metric 10000 100 255 1 1500
```

ahol 10000 a sávszélesség, 100 a késleltetés, 255 a megbízhatóság, 1 a terhelés, 1500 pedig a maximális átviteli egység (MTU – Maximum Transfer Unit).

A Packet Tracer 5.1 nem tartalmazza a `default-metric` parancsot, az átirányítás így nem fog érvénybe lépni.

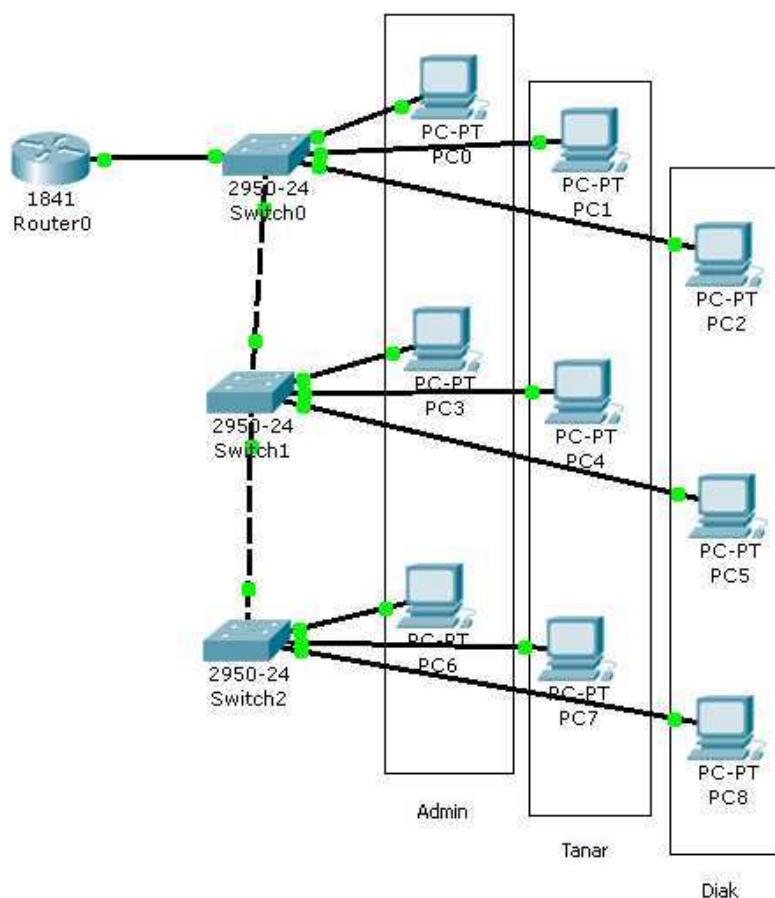
3. Kapcsolt hálózatok – Egy Virtuális LAN-ra jellemző probléma bemutatása

Többszörös hozzáférésű protokollokra épülő hálózatok esetén (pl. Ethernet) a csomópontok ugyan azért a hálózati közegért versenyeznek, egy ütközési tartományba tartoznak (pl. hub segítségével összekötött PC-k). Ha egy ilyen hálózatrészben túl sok csomópont található, akkor a sok ütközés miatt lelassulhat az adatátvitel sebessége, súlyosabb esetben a hálózat működésképtelenné válhat. Az OSI modell második rétegében működő kapcsolók megoldást jelentenek erre a problémájára, mivel interfészeik külön ütközési tartományt képeznek (ettől függetlenül a kapcsolóhoz csatlakoztatott eszközök még ugyan abba az üzenetszórási tartományba tartoznak). A kapcsolók tehát alkalmasak a hálózat szegmentálására.

A virtuális LAN-ok (VLAN-ok) olyan kapcsolt hálózatok, melyeket logikai szempontok alapján szegmentálunk. Például, egy iskolában külön kívánjuk választani a diákok, a tanárok és az adminisztratív dolgozók által használt gépek forgalmát, függetlenül a munkaállomások fizikai elhelyezkedésétől. A kapcsolók egy csoportján kialakított VLAN-ok külön üzenetszórási tartományt képeznek, ezzel is elzárva egymástól a különböző VLAN-ba tartozó állomások forgalmát. A hálózat szegmentálása mellett tehát biztonsági szempontból is előnyös ilyen jellegű hálózatok alkalmazása.

Egy Cisco kapcsoló minden portja alapértelmezés szerint az egyes VLAN-ba tartozik, amit másképpen menedzsment VLAN-nak is szokás nevezni. Ehhez a VLAN-hoz rendelünk hozzá IP címet, hogy ennek segítségével a switch konfiguráció céljából böngészővel is elérhető legyen. A kapcsolók alapvető konfigurációjához tartozik még a kapcsoló nevének, és egy alapértelmezett átjáró címének a megadás is.

Tekintsük példaként a 17. ábrán látható hálózatot, mely a fentebb már említett három VLAN-t tartalmazza (az alapértelmezett VLAN1-en felül): adminisztrátorok, tanárok, diákok.



17. ábra

VLAN neve	VLAN száma	VLAN portjai
default	1	1 – 8
Admin	10	9 – 12
Tanar	20	13 – 16
Diak	30	17 – 24

9. táblázat

Minden kapcsolón az első nyolc port a VLAN1-be tartozik, ami a menedzsment VLAN (a kapcsolók részletes VLAN beosztását lásd a 9. táblázatban). Ezek a portok továbbá tartaléknak is tekinthetők olyan esetekre, hogy ha valamelyik logikai szegmensben többletigény merülne fel, akkor ezekből a portokból meg lehessen növelni az érintett VLAN portjainak számát.

Ahhoz, hogy az azonos VLAN-ba tartozó munkaállomások kommunikálni tudjanak, össze kell őket kötni. Az egyik megoldás, hogy minden kapcsolón minden VLAN-ból egy portot a kapcsolók összekötésére szánunk, ami portpazarlásként is felfogható. Erre a problémára találták ki az úgynevezett trónk portot. Ennek segítségével létrehozható egy trónk link két kapcsoló között, ami olyan pont-pont kapcsolat, melyen egyszerre több VLAN forgalma haladhat keresztül. A trónk kapcsolaton keresztül történő adatátvitel vezérlésére több protokollt is kifejlesztettek. Ezen protokollok egy csoportja úgy oldja meg a különböző VLAN-ok forgalmához tartozó csomagok azonosítását, hogy megjelöli őket (a VLAN azonosító segítségével). Két ilyen protokoll az ISL (Cisco fejlesztés), illetve az IEEE 802.1Q. A hálózatban használt trónk kapcsolatokat a 10. táblázat mutatja be.

Kapcsolat	Portok
Router – Switch0	Fa 0/0 - Fa 0/1
Switch0 – Switch1	Fa 0/2 - Fa 0/1
Switch1 – Switch2	Fa 0/0 - Fa 0/1

10. táblázat

A kapcsolókon interfész konfigurációs módban meg kell adni, hogy a port trónkként üzemel:
`switchport mode trunk`

Ezen felül a trónk protokollt is ki kell választani (a Packet Tracer 5.1-ben erre nincs lehetőség):

`Switchport trunk encapsulation isl` vagy `dot1q`

A trónk portok megfelelő beállítás után az azonos VLAN-ba tartozó állomások elérik egymást. Példaként ellenőrizzük a Diák VLAN-ba tartozó 2-es és 8-as PC-k közti kapcsolatot:
`PC>ping 200.200.30.2`

Pinging 200.200.30.2 with 32 bytes of data:

Reply from 200.200.30.2: bytes=32 time=174ms TTL=128

Reply from 200.200.30.2: bytes=32 time=110ms TTL=128

Reply from 200.200.30.2: bytes=32 time=125ms TTL=128

Reply from 200.200.30.2: bytes=32 time=125ms TTL=128

Ping statistics for 200.200.30.2:

Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 110ms, Maximum = 174ms, Average = 133ms

Ha nem jön létre a trönk kapcsolat, annak különböző okai lehetnek:

- A trönk link különböző VLAN-okhoz csatlakozik. Például a link egyik vége az egyes VLAN-hoz csatlakozik, míg a másik vége a 10-es, Admin VLAN-hoz.
- Eltérő VLAN-ok vannak konfigurálva a trönk link két végén. Például, ha a kettes kapcsolón a 17-es portot a 30-as VLAN-ból áttesszük a 20-as VLAN-ba, az előbbi ping parancs már sikertelen lesz:

PC>ping 200.200.30.2

Pinging 200.200.30.2 with 32 bytes of data:

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Ping statistics for 200.200.30.2:

Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),

- Különböző trönk protokollok vannak konfigurálva a trönk link két végén

Már említettük, hogy a kapcsolók csak az azonos VLAN-ba tartozó eszközök közötti forgalmat tudják lebonyolítani, ami biztonsági szempontból kedvező lehet, de számos olyan helyzet adódhat, ahol szükséges a VLAN-ok közti kommunikáció. Ezt csak egy forgalomirányító segítségével valósíthatjuk meg (habár léteznek az OSI modell harmadik rétegében működő kapcsolók, melyek képesek az ilyen funkciót is ellátni).

Alapelgondolás szerint annyi router portot kellene használni, ahány VLAN szerepel a hálózatban, azonban a forgalomirányítók és kapcsolók összekötésénél is alkalmazhatunk trónk portot. Ilyenkor azt a router interfészt, amit a kapcsolóval kötünk össze, alinterfészekre bontjuk, amelyeknek a VLAN-nak megfelelő IP-címet adunk. Minden alinterfészre meg kell adni, hogy milyen trónk protokollt használunk, illetve, hogy melyik VLAN-hoz rendeljük hozzá. A 11. táblázaton láthatóak a Router0 alinterfészeinek beállításai

Router alintefész	VLAN száma	IP cím
Fast Ethernet 0/0.1	1	193.40.40.1
Fast Ethernet 0/0.2	10	200.200.10.1
Fast Ethernet 0/0.3	20	200.200.20.1
Fast Ethernet 0/0.4	30	200.200.30.1

11. táblázat

A VLAN-ok közti forgalomirányításnál is felléphet olyan probléma, hogy a trónk link hibásan működik. Hiba lehet ilyen esetben a rossz VLAN porthoz rendelés, illetve a trónk protokoll hibás beállítása. Ezek nyilván konfigurációs problémák, melyek figyelmetlenségből eredhetnek. A megfelelő adatok ellenőrzéséhez használható parancsok a kapcsolón például a `show interface azonosító switchport` vagy `show interface azonosító trunk`, routeren pedig a `show interface azonosító`.

Érdekességként megjegyezhető, hogy míg a routereknél az alinterfészek IP címe addig nem állítható be, amíg meg nem határoztuk a trónk protokollt (ahol is többféle lehetőség adódik), addig a kapcsolók esetében a trónk protokoll kiválasztására nincs lehetőség (alapértelmezésben a 802.1Q protokoll van beállítva).

A VLAN-ok előnyének tartott biztonság, a különböző VLAN-okhoz tartozó forgalom elkülönítése ebben az esetben már nyilván nem áll fent. A forgalom szűrését ilyen esetekben már a routereken konfigurálható hozzáférés-vezérlési listákkal oldhatjuk meg (ACL – Access Control List).

Összefoglalás

A hálózati világ három fontos forgalomirányítási protokolljával kapcsolatban mutattunk be néhány problémát (esetleg hiányosságot), melyekre a megoldás nem túl bonyolult, néha mégsem magától értetődő. Ehhez segítségül a Cisco által kifejlesztett Packet Tracer programot használtuk, mely, ha nem is egy minden területre kiterjedő hálózati szimulátor, a problémák lényegének megragadására mégis alkalmas. A munka során fény derült néhány hiányosságra, esetleg ellentmondásos működésre, ennek ellenére az alapvető hálózati funkciók jól bemutatathatók, és használatának elsajátítása sem igényel túlzott erőfeszítéseket (ami oktatási célú szoftvernél kifejezetten előny).

A RIP és az EIGRP esetében is megvizsgáltuk a forgalomirányítási táblák méretének csökkentéséhez szükséges módszereket. Lényeges különbség, hogy az EIGRP esetén a RIP-pel ellentétben lehetőség van az ún. supernetting alkalmazására, mely jelentősen növelheti az útösszevonások hatékonyságát. Mindkét protokoll esetén láttunk példát a terheléelosztás módszereire. EIGRP esetén az összetett metrika miatt jóval több megoldás áll rendelkezésünkre. Bemutattuk, hogy a nem egyenlő költségű terheléelosztás megvalósításához a kézenfekvő lehetőségek mellett (pl, variance parancs) a metrikák módosításával is elérhetjük a célunkat.

Az OSPF protokollt alkalmazó hálózatokban a virtual-link használatára láthattunk példákat, melyek jól mutatják, hogy a parancsot a nem egységes backbone-ok összekötése mellett más hasznos célra is alkalmazhatjuk (redundáns összeköttetés megvalósítása).

A vegyes forgalomirányítási protokollokat alkalmazó hálózatokban gyakran felmerül a probléma, hogy hogyan működjenek együtt az adott protokollok. Látható volt, hogy nem elég az egyik irányban megoldani a hálózati információk átirányítását, ekkor még csak az egyik irányban oldódik meg a probléma (a kölcsönös információ átirányítás pedig esetlegesen forgalomirányítási hurokhoz vezethet).

Végül egy kapcsolt hálózat VLAN-ba szervezését követhettük végig, a virtuális LAN-ok kialakításától a köztük levő kommunikáció megvalósításáig.

A vizsgált problémák rámutattak arra, hogy számos hiba figyelmetlen konfigurálásra, vagy esetlegesen hiányos ismeretekre vezethető vissza. Az alapvető ellenőrző, és hibakereső, illetve lekérdező parancsok ismeretével ezen hibák kiküszöbölése általában néhány lépést vesz igénybe, és alkalmanként esetleg még több lehetőség is rendelkezésünkre áll.

Irodalomjegyzék:

Dr Almási Béla – Hálózatok (egyetemi jegyzet)

Dr Almási Béla – Cisco hálózati alapok (egyetemi segédanyag)

Andrew S. Tanenbaum – Számítógép-hálózatok (Panem, 1999)

Kevon Dooley – Ian Brown - Cisco IOS Cookbook (OReilly, 2006)

Zaheer Aziz, Johnson Liu, Abe Martey, Faraz Shamim - Troubleshooting IP Routing Protocols (CCIE Professional Development Series, Cisco Press, 2002)

Cisco – CCNA tananyag

<http://www.cisco.com>

<http://www.ciscopress.com>

<http://www.ccnpcertification.com>

<http://www.associatedcontent.com>

<http://www.techrepublic.com>

<http://www.networksorcery.com>

<http://www.wikipedia.com>

Köszönetnyilvánítás:

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Almási Bélának felkészítéséért, szakmai segítségéért és észrevételeiért. Továbbá köszönettel tartozom szüleimnek, testvéremnek és barátaimnak, hogy rendületlenül támogattak a munka folyamán, és minden eszközzel ösztönöztek, ha szükségem volt rá.

Függelék

A diplomamunkához tartozó CD-n található állományok listája:

- Diplomamunka.pdf
- Diplomamunka_adatok.txt
- Packet Tracer állományok:
 - EIGRP_Load_Balance.pkt
 - EIGRP_Summary.pkt
 - EIGRP_Varince.pkt
 - OSPF_Virtual_Link.pkt
 - OSPF_Virtual_Link_Area0.pkt
 - RIP_Discontinuous_Networks.pkt
 - RIP_Load_Balance.pkt
 - RIP_Summary.pkt
 - VegyesRouting.pkt
 - VLAN.pkt

Az 8. ábra routereinek konfigurációi (RIP, nem folytonos hálózatok példa)

```
Router0#sh run
Building configuration...

Current configuration : 656 bytes
!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router0
!
enable secret 5 $1$mERr$bMcrtEoQpQFhcp20YRnzs.
!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
ip address 131.1.1.1 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.200.1 255.255.255.0
clock rate 56000
!
interface Serial0/1/1
no ip address
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router rip
version 2
network 131.1.0.0
network 200.200.200.0
!
ip classless
!
line con 0
password dm2009
```

```

login
line vty 0 4
password dm2009
login
!
end

Router1#sh run
Building configuration...

Current configuration : 656 bytes
!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router1
!
enable secret 5 $1$mERr$bMcrEoQpQFhcp20YRnzs.
!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.200.2 255.255.255.0
!
interface Serial0/1/1
ip address 131.1.2.1 255.255.255.0
clock rate 56000
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router rip
version 2
network 131.1.0.0
network 200.200.200.0
!

```

```
ip classless
!
line con 0
password dm2009
login
line vty 0 4
password dm2009
login
!
end
```

```
Router2#sh run
Building configuration...
```

```
Current configuration : 630 bytes
!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router2
!
enable secret 5 $1$mERr$bMcrtEoQpQFhcp20YRnzs.
!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
ip address 193.0.0.1 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 131.1.2.2 255.255.255.0
!
interface Serial0/1/1
no ip address
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router rip
version 2
```

```

network 131.1.0.0
network 193.0.0.0
!
ip classless
!
line con 0
password dm2009
login
line vty 0 4
password dm2009
login
!
end

```

A 9. ábra hálózatának 1-es, 2-es, 8-as és 9-es routereinek konfigurációi (RIP terheléselosztási példa):

```

Router1#sh run
Building configuration...

Current configuration : 1052 bytes
!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router1
!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
ip address 200.200.250.65 255.255.255.192
duplex auto
speed auto
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/0/0
no ip address
shutdown
!
interface Serial0/0/1
no ip address
shutdown
!
interface Serial0/1/0

```

```

ip address 200.200.200.21 255.255.255.252
clock rate 56000
!
interface Serial0/1/1
ip address 200.200.200.25 255.255.255.252
clock rate 56000
!
interface Serial0/2/0
ip address 200.200.200.13 255.255.255.252
clock rate 56000
!
interface Serial0/2/1
ip address 200.200.200.17 255.255.255.252
clock rate 56000
!
interface Serial0/3/0
ip address 200.200.200.5 255.255.255.252
clock rate 56000
!
interface Serial0/3/1
ip address 200.200.200.9 255.255.255.252
clock rate 56000
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router rip
version 2
network 200.200.200.0
network 200.200.250.0
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

```

Router#sh run
Building configuration...

```

```

Current configuration : 555 bytes
!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router

```

```

!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.200.6 255.255.255.252
!
interface Serial0/1/1
ip address 200.200.200.29 255.255.255.252
clock rate 56000
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router rip
version 2
network 200.200.200.0
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

```

Router8#sh run
Building configuration...

```

```

Current configuration : 965 bytes

```

```

!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router8
!
ip ssh version 1

```

```

!
interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/0/0
ip address 200.200.250.129 255.255.255.192
clock rate 56000
!
interface Serial0/0/1
no ip address
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.200.46 255.255.255.252
!
interface Serial0/1/1
ip address 200.200.200.50 255.255.255.252
!
interface Serial0/2/0
ip address 200.200.200.38 255.255.255.252
!
interface Serial0/2/1
ip address 200.200.200.42 255.255.255.252
!
interface Serial0/3/0
ip address 200.200.200.30 255.255.255.252
!
interface Serial0/3/1
ip address 200.200.200.34 255.255.255.252
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router rip
version 2
network 200.200.200.0
network 200.200.250.0
!
ip classless

```



```

!
line con 0
line vty 0 4
  login
!
end

Router9#sh run
Building configuration...

Current configuration : 552 bytes
!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router9
!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
ip address 193.0.0.1 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.250.130 255.255.255.192
!
interface Serial0/1/1
no ip address
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router rip
version 2
network 193.0.0.0
network 200.200.250.0
!
ip classless
!
line con 0

```

```
line vty 0 4
login
!
end
```

A 11. ábra routereinek konfigurációi (OSPF hálózat, virtual-link, autentikáció nélküli backbone-nal):

```
Router1#sh run
Building configuration...

Current configuration : 850 bytes
!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router1
!
ip ssh version 1
!
interface Loopback0
ip address 1.1.1.1 255.0.0.0
!
interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/0/0
ip address 200.200.50.2 255.255.255.0
!
interface Serial0/0/1
no ip address
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.200.97 255.255.255.224
clock rate 56000
!
interface Serial0/1/1
ip address 200.200.200.33 255.255.255.224
clock rate 56000
```

```

!
interface Vlan1
  no ip address
  shutdown
!
router ospf 1
  log-adjacency-changes
  network 200.200.200.96 0.0.0.31 area 0
  network 200.200.200.32 0.0.0.31 area 0
  network 200.200.50.0 0.0.0.255 area 1
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
  login
!
end

```

```

Router2#sh run
Building configuration...

```

Current configuration : 869 bytes

```

!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router2
!
ip ssh version 1
!
interface Loopback0
  ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
!
interface FastEthernet0/0
  no ip address
  duplex auto
  speed auto
  shutdown
!
interface FastEthernet0/1
  no ip address
  duplex auto
  speed auto
  shutdown
!
interface Serial0/0/0
  ip address 200.200.100.1 255.255.255.0
  clock rate 56000

```

```

!
interface Serial0/0/1
  no ip address
  shutdown
!
interface Serial0/1/0
  ip address 200.200.200.34 255.255.255.224
!
interface Serial0/1/1
  ip address 200.200.200.66 255.255.255.224
!
interface Vlan1
  no ip address
  shutdown
!
router ospf 1
  log-adjacency-changes
  area 2 virtual-link 5.5.5.5
  network 200.200.200.64 0.0.0.31 area 0
  network 200.200.200.32 0.0.0.31 area 0
  network 200.200.100.0 0.0.0.255 area 2
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
  login
!
end

```

```

Router3#sh run
Building configuration...

```

```

Current configuration : 681 bytes

```

```

!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router3
!
ip ssh version 1
!
interface Loopback0
  ip address 3.3.3.3 255.0.0.0
!
interface FastEthernet0/0
  no ip address
  duplex auto
  speed auto

```

```

shutdown
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.200.98 255.255.255.224
!
interface Serial0/1/1
ip address 200.200.200.65 255.255.255.224
clock rate 56000
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
network 200.200.200.96 0.0.0.31 area 0
network 200.200.200.64 0.0.0.31 area 0
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

```

Router4#sh run
Building configuration...

```

```

Current configuration : 618 bytes

```

```

!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router4
!
ip ssh version 1
!
interface Loopback0
ip address 4.4.4.4 255.0.0.0
!
interface FastEthernet0/0
no ip address

```

```

duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.50.1 255.255.255.0
clock rate 56000
!
interface Serial0/1/1
no ip address
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
network 200.200.50.0 0.0.0.255 area 1
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

```

Router5#sh run
Building configuration...

```

```

Current configuration : 692 bytes
!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router5
!
ip ssh version 1
!
interface Loopback0
ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
!

```

```

interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.100.2 255.255.255.0
!
interface Serial0/1/1
ip address 200.200.150.1 255.255.255.0
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
area 2 virtual-link 2.2.2.2
network 200.200.100.0 0.0.0.255 area 2
network 200.200.150.0 0.0.0.255 area 3
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

```

Router6#sh run
Building configuration...

```

```

Current configuration : 620 bytes
!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router6
!
ip ssh version 1
!
interface Loopback0

```

```
ip address 6.6.6.6 255.0.0.0
!
interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.150.2 255.255.255.0
clock rate 56000
!
interface Serial0/1/1
no ip address
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
network 200.200.150.0 0.0.0.255 area 3
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end
```


A 12. ábra 1-es és 2-es routereinek konfigurációi (OSPF hálózat, két részre osztott backbone):

```
Router1#sh run
Building configuration...

Current configuration : 866 bytes
!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router1
!
ip ssh version 1
!
interface Loopback0
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
!
interface FastEthernet0/0
 no ip address
 duplex auto
 speed auto
 shutdown
!
interface FastEthernet0/1
 no ip address
 duplex auto
 speed auto
 shutdown
!
interface Serial0/0/0
 ip address 200.200.200.5 255.255.255.252
 clock rate 56000
!
interface Serial0/0/1
 no ip address
 shutdown
!
interface Serial0/1/0
 ip address 200.200.200.10 255.255.255.252
!
interface Serial0/1/1
 ip address 200.200.200.14 255.255.255.252
!
interface Vlan1
 no ip address
 shutdown
!
router ospf 1
```

```

log-adjacency-changes
area 1 virtual-link 2.2.2.2
network 200.200.200.8 0.0.0.3 area 0
network 200.200.200.12 0.0.0.3 area 0
network 200.200.200.4 0.0.0.3 area 1
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

```

Router2#sh run
Building configuration...

```

```

Current configuration : 885 bytes
!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router2
!
ip ssh version 1
!
interface Loopback0
ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
!
interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/0/0
ip address 200.200.200.6 255.255.255.252
!
interface Serial0/0/1
no ip address
shutdown
!
interface Serial0/1/0

```

```

ip address 200.200.200.17 255.255.255.252
clock rate 56000
!
interface Serial0/1/1
ip address 200.200.200.21 255.255.255.252
clock rate 56000
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
area 1 virtual-link 1.1.1.1
network 200.200.200.16 0.0.0.3 area 0
network 200.200.200.20 0.0.0.3 area 0
network 200.200.200.4 0.0.0.3 area 1
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

A 13. ábra routereinek konfigurációi (Az EIGRP nem hirdeti az aggregált címet):

```

Router1#sh run
Building configuration...

Current configuration : 693 bytes
!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router1
!
ip ssh version 1
!
interface Loopback0
no ip address
!
interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown

```

```

!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.200.9 255.255.255.252
ip summary-address eigrp 100 141.40.40.0 255.255.248.0 5
clock rate 56000
!
interface Serial0/1/1
ip address 200.200.200.5 255.255.255.252
clock rate 56000
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router eigrp 100
network 200.200.200.0
no auto-summary
!
ip classless
!
no cdp run
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

```

Router2#sh run
Building configuration...

```

```

Current configuration : 756 bytes

```

```

!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router2
!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
ip address 141.40.41.1 255.255.255.0
duplex auto

```

```

speed auto
!
interface FastEthernet0/1
ip address 141.40.42.1 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
!
interface Ethernet0/0/0
ip address 141.40.44.1 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
!
interface Ethernet0/1/0
ip address 141.40.43.1 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
!
interface Serial0/3/0
ip address 200.200.200.6 255.255.255.252
!
interface Serial0/3/1
no ip address
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router eigrp 100
network 141.40.0.0
network 200.200.200.0
no auto-summary
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

```

Router3#sh run
Building configuration...

```

```

Current configuration : 546 bytes
!
version 12.4
no service password-encryption
!

```

```

hostname Router3
!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.200.10 255.255.255.252
!
interface Serial0/1/1
no ip address
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router eigrp 100
network 200.200.200.0
no auto-summary
!
ip classless
!
no cdp run
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

A 14. ábra routereinek konfigurációi (Az EIGRP variance parancsa):

```

Router0#sh run
Building configuration...

Current configuration : 631 bytes
!

```

```

version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router0
!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/1/0
bandwidth 256
ip address 200.200.200.5 255.255.255.252
delay 100
clock rate 56000
!
interface Serial0/1/1
ip address 200.200.200.9 255.255.255.252
delay 100
clock rate 56000
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router eigrp 100
variance 5
network 200.200.200.0
auto-summary
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

```

Router1#sh run
Building configuration...

```

Current configuration : 565 bytes

```
!  
version 12.4  
no service password-encryption  
!  
hostname Router1  
!  
ip ssh version 1  
!  
interface FastEthernet0/0  
no ip address  
duplex auto  
speed auto  
shutdown  
!  
interface FastEthernet0/1  
no ip address  
duplex auto  
speed auto  
shutdown  
!  
interface Serial0/1/0  
ip address 200.200.200.6 255.255.255.252  
!  
interface Serial0/1/1  
ip address 200.200.200.13 255.255.255.252  
clock rate 56000  
!  
interface Vlan1  
no ip address  
shutdown  
!  
router eigrp 100  
network 200.200.200.0  
auto-summary  
!  
ip classless  
!  
line con 0  
line vty 0 4  
login  
!  
end
```

Router2#sh run

Building configuration...

Current configuration : 566 bytes


```

!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router2
!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.200.10 255.255.255.252
!
interface Serial0/1/1
ip address 200.200.200.17 255.255.255.252
clock rate 56000
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router eigrp 100
network 200.200.200.0
auto-summary
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

```

Router3#sh run
Building configuration...

```

```

Current configuration : 580 bytes
!
version 12.4

```

```

no service password-encryption
!
hostname Router3
!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
ip address 193.0.50.1 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.200.14 255.255.255.252
!
interface Serial0/1/1
ip address 200.200.200.18 255.255.255.252
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router eigrp 100
network 200.200.200.0
network 193.0.50.0
auto-summary
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

A 15. ábra routereinek konfigurációi (EIGRP terheléselosztás):

```

Router1>ena
Router1#sh run
Building configuration...

Current configuration : 665 bytes
!

```

```

version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router1
!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
ip address 193.0.0.1 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
!
interface FastEthernet0/1
ip address 200.200.200.5 255.255.255.252
duplex auto
speed auto
!
interface Serial0/1/0
bandwidth 100000
ip address 200.200.200.9 255.255.255.252
delay 10
clock rate 56000
!
interface Serial0/1/1
no ip address
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router eigrp 100
network 193.0.0.0
network 200.200.200.0
auto-summary
!
ip classless
!
access-list 42 permit 193.0.50.0 0.0.0.255
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

```

Router2#sh run
Building configuration...

```

Current configuration : 601 bytes

```
!  
version 12.4  
no service password-encryption  
!  
hostname Router2  
!  
ip ssh version 1  
!  
interface FastEthernet0/0  
ip address 200.200.200.6 255.255.255.252  
duplex auto  
speed auto  
!  
interface FastEthernet0/1  
no ip address  
duplex auto  
speed auto  
shutdown  
!  
interface Serial0/1/0  
ip address 200.200.200.13 255.255.255.252  
clock rate 56000  
!  
interface Serial0/1/1  
ip address 200.200.200.17 255.255.255.252  
clock rate 56000  
!  
interface Vlan1  
no ip address  
shutdown  
!  
router eigrp 100  
network 200.200.200.0  
auto-summary  
!  
ip classless  
!  
line con 0  
line vty 0 4  
login  
!  
end  
Router3#sh run  
Building configuration...
```

Current configuration : 700 bytes

```
!  
version 12.4
```

```

no service password-encryption
!
hostname Router3
!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/0/0
ip address 200.200.200.26 255.255.255.252
clock rate 56000
!
interface Serial0/0/1
no ip address
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.200.10 255.255.255.252
!
interface Serial0/1/1
ip address 200.200.200.21 255.255.255.252
clock rate 56000
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router eigrp 100
network 200.200.200.0
auto-summary
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

```

Router4#sh run
Building configuration...

Current configuration : 682 bytes
!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router4
!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/0/0
ip address 200.200.200.29 255.255.255.252
clock rate 56000
!
interface Serial0/0/1
no ip address
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.200.14 255.255.255.252
!
interface Serial0/1/1
ip address 200.200.200.22 255.255.255.252
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router eigrp 100
network 200.200.200.0
auto-summary
!
ip classless
!
line con 0

```

```
line vty 0 4
```

```
login
```

```
!
```

```
!
```

```
end
```

```
Router5#sh run
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 682 bytes
```

```
!
```

```
version 12.4
```

```
no service password-encryption
```

```
!
```

```
hostname Router5
```

```
!
```

```
ip ssh version 1
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface Serial0/0/0
```

```
ip address 200.200.200.33 255.255.255.252
```

```
clock rate 56000
```

```
!
```

```
interface Serial0/0/1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface Serial0/1/0
```

```
ip address 200.200.200.18 255.255.255.252
```

```
!
```

```
interface Serial0/1/1
```

```
ip address 200.200.200.26 255.255.255.252
```

```
!
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
router eigrp 100
```

```
network 200.200.200.0
auto-summary
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end
```

```
Router6#sh run
Building configuration...
```

```
Current configuration : 590 bytes
!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router6
!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
ip address 193.0.50.1 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.200.30 255.255.255.252
!
interface Serial0/1/1
ip address 200.200.200.34 255.255.255.252
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router eigrp 100
network 200.200.200.0
network 193.0.50.0
auto-summary
```



```

!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

A 16. ábra 2-es és 3-as routereinek konfigurációi (Vegyes forgalomirányítási protokollokat használó hálózatok):

```

Router2#sh run
Building configuration...

Current configuration : 1000 bytes
!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router2
!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/0/0
ip address 200.200.200.13 255.255.255.252
clock rate 56000
!
interface Serial0/0/1
ip address 100.100.100.5 255.255.255.252
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.200.6 255.255.255.252
!
interface Serial0/1/1
ip address 200.200.200.9 255.255.255.252

```

```

clock rate 56000
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router eigrp 100
network 100.0.0.0
auto-summary
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
redistribute static
redistribute connected
network 200.200.200.8 0.0.0.3 area 0
network 200.200.200.12 0.0.0.3 area 0
!
router rip
version 2
redistribute ospf 1 metric 3
network 200.200.200.0
!
ip classless
ip route 193.0.0.0 255.255.255.0 200.200.200.5
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

```

Router3#sh run
Building configuration...

```

```

Current configuration : 798 bytes

```

```

!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router3
!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!

```

```

interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/0/0
ip address 200.200.200.18 255.255.255.252
!
interface Serial0/0/1
no ip address
shutdown
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.200.200.14 255.255.255.252
!
interface Serial0/1/1
ip address 100.100.100.9 255.255.255.252
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router eigrp 100
redistribute ospf 1
network 100.0.0.0
auto-summary
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
network 200.200.200.12 0.0.0.3 area 0
network 200.200.200.16 0.0.0.3 area 0
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

A 17. ábra routerének és kapcsolóinak konfigurációi (Kapcsolt hálózatok egy problémájának bemutatása):

```

Router#sh run
Building configuration...

Current configuration : 724 bytes

```

```

!
version 12.4
no service password-encryption
!
hostname Router
!
ip ssh version 1
!
interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
!
interface FastEthernet0/0.1
encapsulation dot1Q 1 native
ip address 193.40.40.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/0.2
encapsulation dot1Q 10
ip address 200.200.10.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/0.3
encapsulation dot1Q 20
ip address 200.200.20.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/0.4
encapsulation dot1Q 30
ip address 200.200.30.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
ip classless
!
line con 0
line vty 0 4
login
!
end

```

```

Switch0#sh run
Building configuration...

```

Current configuration : 1365 bytes

```
!  
version 12.1  
no service password-encryption  
!  
hostname Switch0  
!  
interface FastEthernet0/1  
  switchport mode trunk  
!  
interface FastEthernet0/2  
  switchport mode trunk  
!  
interface FastEthernet0/3  
!  
interface FastEthernet0/4  
!  
interface FastEthernet0/5  
!  
interface FastEthernet0/6  
!  
interface FastEthernet0/7  
!  
interface FastEthernet0/8  
!  
interface FastEthernet0/9  
  switchport access vlan 10  
!  
interface FastEthernet0/10  
  switchport access vlan 10  
!  
interface FastEthernet0/11  
  switchport access vlan 10  
!  
interface FastEthernet0/12  
  switchport access vlan 10  
!  
interface FastEthernet0/13  
  switchport access vlan 20  
!  
interface FastEthernet0/14  
  switchport access vlan 20  
!  
interface FastEthernet0/15  
  switchport access vlan 20  
!  
interface FastEthernet0/16  
  switchport access vlan 20
```

```

!
interface FastEthernet0/17
 switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/18
 switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/19
 switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/20
 switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/21
 switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/22
 switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/23
 switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/24
 switchport access vlan 30
!
interface Vlan1
 ip address 193.40.40.2 255.255.255.0
 shutdown
!
line con 0
!
line vty 0 4
 login
line vty 5 15
 login
!
end

```

Switch1#sh run

Building configuration...

Current configuration : 1365 bytes

```

!
version 12.1
no service password-encryption
!
hostname Switch1
!
interface FastEthernet0/1

```

```
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/2
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/3
!
interface FastEthernet0/4
!
interface FastEthernet0/5
!
interface FastEthernet0/6
!
interface FastEthernet0/7
!
interface FastEthernet0/8
!
interface FastEthernet0/9
switchport access vlan 10
!
interface FastEthernet0/10
switchport access vlan 10
!
interface FastEthernet0/11
switchport access vlan 10
!
interface FastEthernet0/12
switchport access vlan 10
!
interface FastEthernet0/13
switchport access vlan 20
!
interface FastEthernet0/14
switchport access vlan 20
!
interface FastEthernet0/15
switchport access vlan 20
!
interface FastEthernet0/16
switchport access vlan 20
!
interface FastEthernet0/17
switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/18
switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/19
switchport access vlan 30
```

```

!
interface FastEthernet0/20
switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/21
switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/22
switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/23
switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/24
switchport access vlan 30
!
interface Vlan1
ip address 193.40.40.3 255.255.255.0
shutdown
!
line con 0
!
line vty 0 4
login
line vty 5 15
login
!
!
end

```

```

Switch2#sh run
Building configuration...

```

```

Current configuration : 1342 bytes

```

```

!
version 12.1
no service password-encryption
!
hostname Switch2
!
interface FastEthernet0/1
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/2
!
interface FastEthernet0/3
!
interface FastEthernet0/4
!

```



```
interface FastEthernet0/5
!
interface FastEthernet0/6
!
interface FastEthernet0/7
!
interface FastEthernet0/8
!
interface FastEthernet0/9
switchport access vlan 10
!
interface FastEthernet0/10
switchport access vlan 10
!
interface FastEthernet0/11
switchport access vlan 10
!
interface FastEthernet0/12
switchport access vlan 10
!
interface FastEthernet0/13
switchport access vlan 20
!
interface FastEthernet0/14
switchport access vlan 20
!
interface FastEthernet0/15
switchport access vlan 20
!
interface FastEthernet0/16
switchport access vlan 20
!
interface FastEthernet0/17
switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/18
switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/19
switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/20
switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/21
switchport access vlan 30
!
interface FastEthernet0/22
switchport access vlan 30
```

```
!  
interface FastEthernet0/23  
  switchport access vlan 30  
!  
interface FastEthernet0/24  
  switchport access vlan 30  
!  
interface Vlan1  
  ip address 193.40.40.4 255.255.255.0  
  shutdown  
!  
line con 0  
!  
line vty 0 4  
  login  
line vty 5 15  
  login  
!  
end
```